



CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA

AREA TECNICA SETTORE DIFESA MONTANA:  
PROGETTAZIONE E STUDI

UNIONE COMUNI VALLI RENO

LAVINO SAMOGGIA



Unione Comuni Valli  
Reno Lavino Samoggia

PROGETTO P.1220

Consorzio della Bonifica Renana - Unione Comuni Valli Reno Lavino Samoggia  
Intervento finanziato dal FSC 2014-2020 - Delibera CIPE n.75 del 07/08/2017

## INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO PENDICI IN LOCALITÀ CALDERINO NEL COMUNE DI MONTE SAN PIETRO (BO)

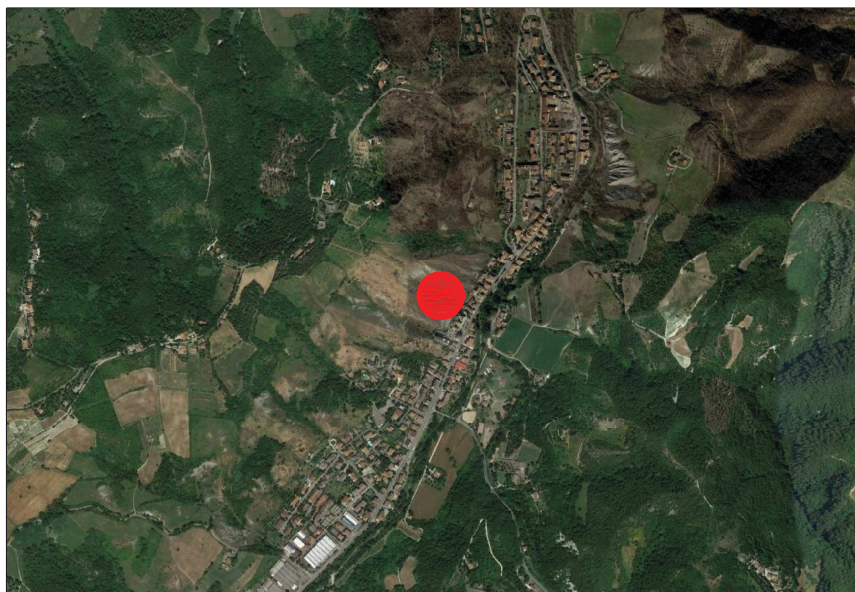
### PROGETTO ESECUTIVO

Denominazione:

## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Elaborato:

# G1



#### IL GEOLOGO INCARICATO

*IGeologi Associati Milena Mari - Gerardo Marolda  
geol. Gerardo Marolda*

Revisione:

n° del \_\_\_\_\_ oggetto \_\_\_\_\_

01 \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

02 \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

N° progetto: FLU4040018

Data: 14/10/2019

Nome file: G1\_relazione\_geologica.pdf



GEOLOGI ASSOCIATI  
M. MARI & G. MAROLDA

Regione Emilia Romagna  
Provincia di Bologna  
Comune di Monte San Pietro

**STUDIO GEOLOGICO A CORREDO DEL PROGETTO DEI LAVORI DI  
CONSOLIDAMENTO PENDICI IN LOCALITA' CALDERINO IN COMUNE DI MONTE SAN  
PIETRO (BO)  
CUP G32H18000160001 - CIG Z582549BBA**



Committente:  
Unione dei Comuni Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Data:  
febbraio 2019

Rif. 004/2019

GEOLOGI ASSOCIATI  
MARI MILENA - MAROLDA GERARDO PAOLO GIOVANNI  
VIA BEATO MAINARDO VESCOVO, 4 - 61029 URBINO (PU)  
P.IVA E C.F. 02311890418  
TEL-FAX 0722 322697 E-MAIL geologi.ass@alice.it  
MARI 348 7401016 - MAROLDA 339 6377605

Geol. Gerardo Marolda  
Collaboratore Geol. Milena Mari

## INDICE

PREMESSA.....	2
UBICAZIONE.....	2
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	2
OSSERVAZIONI METEOCLIMATICHE.....	6
RISCHIO SISMICO.....	10
INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	12
MICROZONAZIONE SISMICA.....	13
SUCCESSIONE STRATIGRAFICA LOCALE.....	14
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	15
RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	16
INDAGINI PER LA DEFINIZIONE DEL MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO.....	16
ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL).....	16
ALTEZZA CRITICA DELLE SCARPATE DI SBANCAMENTO.....	29
DESCRIZIONE E CAUSE DEL DISSESTO.....	30
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO.....	31
CONCLUSIONI.....	32

## ALLEGATI GRAFICI

COROGRAFIA	SCALA 1:25.000
CARTA TECNICA REGIONALE	SCALA 1:10.000
CARTA GEOLOGICA	SCALA 1:2.500
CARTA GEOMORFOLOGICA	SCALA 1:1.000
P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL T. SAMOGGIA (CARTA DEI DISSESTI)	F.S.
P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL T. SAMOGGIA (CARTA DEL RISCHIO NEL TERRITORIO DEL BACINO MONTANO)	F.S.
P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL T. SAMOGGIA (CARTA DELLE ATTITUDINI ALLE TRASFORMAZIONI EDLIZIO - URBANISTICHE NEL TERRITORIO DEL BACINO MONTANO)	F.S.
PSC - COMUNI DELL'AREA BAZZANESE (CRITICITA' GEOLOGICHE)	F.S.
P.T.C.P. PIANO TERRITORIALE DI COORD. PROV. DI BOLOGNA	F.S.
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI	SCALA 1:600
GRAFICI INDAGINI PENETROMETRICHE	N° 10
ANALISI DI LABORATORIO	
SEZIONI STRATIGRAFICHE	SCALA 1:600
RELAZIONE INDAGINE SISMICA	
VERIFICHE DI STABILITA'	
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

## **PREMESSA**

Per conto dell'Unione dei Comuni Valli del Reno, Lavino e Samoggia, è stato condotto uno studio geologico e geotecnico a corredo del progetto dei lavori di consolidamento di una porzione di versante interessato da una forma di erosione concentrata di tipo calanchiva su due impluvi adiacente all'abitato di Calderino, in Comune di Monte San Pietro (BO).

Lo studio, eseguito in conformità agli indirizzi tecnici contenuti nel D.M. 17/01/2018, nel D.M. 14/01/2008 e nel D.M. 47 del 11.3.1988, si è articolato nelle seguenti fasi:

- rilievi di superficie diretti a definire un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- reperimento di dati esistenti nell'area di studio, a seguito di indagini geologiche e geognostiche condotte in precedenza;
- esecuzione di indagini geognostiche a mezzo di penetrometrie dinamiche pesanti del tipo DPSH;
- prelievo di n° 2 campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- esecuzione di indagine sismica (indagine tomografica, MASW e misure di microtremore a stazione singola HVSR);
- ricostruzione della successione stratigrafica locale e attribuzione delle principali caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni;
- elaborazione dei dati e stesura della relazione geologica tecnica finale, con descrizione del fenomeno erosivo ed indicazioni sui possibili interventi di consolidamento e bonifica.

## **UBICAZIONE**

L'area in studio è posta sul versante interessato da fenomeni di erosione concentrata che digrada in direzione Sud Est sulla sottostante piana alluvionale del Torrente Lavino dove si sviluppa per la maggior parte anche la frazione di Calderino in Comune di Monte S. Pietro (BO).

Nella cartografia ufficiale, l'area di studio è inquadrata nella Foglio n° 220 S.E. "Bologna Sud Ovest" della Carta d'Italia a scala 1:25.000 e nella sezione n° 220110 "Zola Predosa della Carta Tecnica in Scala 1:10.000.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

### Geomorfologia

La zona ricade nella fascia collinare romagnola, nel tratto intermedio del bacino idrografico del Torrente Lavino poco a Ovest Sud Ovest di Bologna. L'area è caratterizzata da rilievi che raggiungono quote massime di 300 m s.l.m. circa, solcati da valli ed impluvi, perlopiù stretti e delimitati da scarpate piuttosto acclivi. La morfologia, in generale, si presenta accidentata ed irregolare per il susseguirsi di crinali, dossi ed incisioni.



L'area in studio è posta nella porzione occidentale della frazione di Calderino, in sinistra idrografica del Torrente Lavino. In particolare, la zona oggetto d'intervento si sviluppa su di un versante inciso da due vallecole principali che digradano con pendenze piuttosto sostenute in direzione Sud Est sulla piana alluvionale del Torrente Lavino e sono interessate da forme di erosione concentrata di tipo calanchivo che coinvolgono per gran parte il versante. Lungo questo versante, l'acqua di dilavamento ha eroso la facies argillosa marnosa della formazione su più canali, specialmente lungo gli assi dei due impluvi principali, con una forma tipica di pattern dendritico.

Infatti, quando si formano dei solchi in terreni argillosi (rill erosion), l'erosione rapidamente si accentua, le incisioni si approfondiscono e si allungano a ritroso, ramificandosi e moltiplicandosi. Questo tipico fenomeno si estende a più versanti presenti nelle vicinanze della zona di studio, cosicché questi vengono profondamente suddivisi da una rete di vallecole, separate da strette creste, con microversanti nudi in rapida evoluzione (gully erosion).

L'erosione superficiale delle acque di ruscellamento è molto intensa e rappresenta l'agente morfogenetico principale. Le precipitazioni meteoriche, a causa della bassa permeabilità dei terreni argilloso - limosi, alimentano essenzialmente il ruscellamento superficiale e, solo in misura molto ridotta, l'infiltrazione nel sottosuolo. La pioggia asporta le lamelle di argilla staccate dal disseccamento e le trasporta in sospensione. Questa situazione conferisce all'acqua una notevole capacità di erosione, che tende ad approfondire il solco lungo l'asse delle vallecole.

Il regime termo-pluviometrico, caratterizzato da una piovosità concentrata nel periodo fine autunno - inizio primavera, con una lunga stagione estiva secca, favorisce il fenomeno.

In particolare, la zona in cui è previsto l'intervento è ubicata come accennato in precedenza, su un versante soggetto in gran parte a processi di erosione concentrata, e di trasporto, che determinano la formazione di morfotipi di tipo calanchivo, caratterizzati da un fitto sistema di vallecole profondamente incise, contornate da pareti alte e ripide, con creste in continua evoluzione. Sul fondo delle vallecole si sviluppano colate di terra intercalate a blocchi calcarei eterometrici alimentate dal materiale eroso dai versanti.

Sul versante esposto a Est l'evoluzione di tale fenomeno ha interessato una buona parte del versante generando due distinti impluvi principali in cui a valle sono presenti diversi edifici: l'impluvio posto più ad Ovest, di dimensioni maggiori (superficie pari a circa 15.000 mq) rispetto a quello ubicato più a Nord Est (di superficie pari a circa 3700 mq), in passato è stato oggetto di interventi di bonifica, nel tratto terminale, mediante la realizzazione di due briglie, palizzate in legno a difesa delle sponde dell'area calanchiva e riprofilatura di una porzione di versante attraverso l'esecuzione di alcuni gradoni, e, a ridosso delle abitazioni, lungo parte di Via Lavino, da alcuni muri di contenimento dove è presente su uno di essi anche una rete paramassi. Tra le due aree interessate dalle forme calanchive è stato effettuato un consolidamento "artigianale"

attraverso l'installazione di una rete elettrosaldata a maglia quadrata ancorata al terreno con una serie di paletti in ferro con lo scopo di ridurre il dilavamento.

Il versante è delimitato più a Nord da un crinale che separa il bacino idrografico del Torrente Lavino da quello del suo affluente in sinistra idrografica del Torrente Landa e a valle dalla piana alluvionale del torrente principale. Generalmente il versante presenta pendenze piuttosto sostenute di oltre 20°, con rara copertura vegetale, che in corrispondenza dei coronamenti aumentano sensibilmente soprattutto sui fianchi degli impluvi principali (pendenze del 70-80 %). Le pendenze tendono a diminuire per poi azzerarsi in corrispondenza della piana alluvionale del Torrente Lavino dove si sviluppa per la maggior parte l'abitato di Calderino.

Le principali cause di innesco dei dissesti sono legate alle elevate classi di pendenza che si registrano nell'area, alla forte erosione concentrata dell'acqua che si incanala lungo vie preferenziali con conseguente incisioni dei canali stessi e allargamento dell'area calanchiva.

I dissesti presenti sono legati anche alla generale assenza di una copertura vegetale stabile ed alla elevata erodibilità dei terreni affioranti soprattutto rilevati all'interno dei due impluvi, responsabili nel tempo di accumuli di detrito argilloso con inclusi di blocchi calcarei decimetrici. Il periodico innesco di colate diffuse ed estese che hanno traslato verso il basso nel corso degli ultimi decenni l'ammasso detritico, hanno depositato materiale detritico argilloso in equilibrio in assenza di acqua, ma potenzialmente instabile in caso di saturazione. Lungo i fianchi che delimitano gli impluvi, soprattutto sulla sponda sinistra del calanco di dimensioni maggiori e sulla sponda in destra del calanco di estensione minore, sono presenti alcune forme di erosione concentrata che hanno interessato di recente la coltre detritica colluviale più superficiale.

### Geologia

Per quanto concerne l'aspetto geologico, la zona oggetto di indagine è contraddistinta dalla presenza della Formazione delle Breccie argillose della Val Tiepido - Canossa della successione Epiligure dell'Eocene (sigla CARG **MVT**), costituita da argille a struttura primaria caotica (debris flow e mud flow) con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica, dalla scala dell'affioramento.

Le marne argillose affiorano sulle due aree calanchive sovrastanti l'intero versante in sinistra idrografica del Torrente Lavino, su cui sviluppa in parte anche l'abitato di Calderino; nelle zone in corrispondenza delle creste del calanco che delimitano le forme di erosione, soprattutto in quella posta più a Ovest e di dimensioni maggiori rispetto a quella posta più a Est si evidenziano anche blocchi calcarei decimetrici in equilibrio precario.

Poco a monte, in direzione Nord Ovest, affiorano i terreni della Formazione di Cigarellino del Miocene (sigla CARG **CIG**) della Successione Epiligure costituita da argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli areniti in contatto tettonico con le Breccie argillose della Val Tiepido - Canossa.

A valle le alluvioni del Torrente Lavino, identificate nella carta geologica della Regione Emilia Romagna con la sigla **AS8a** (Unità di Modena), sono localizzate nell'area golenale erosa all'interno dei litotipi del substrato eocenico; si tratta di una fascia molto ristretta la cui ampiezza raramente supera i 200 m.

Strutturalmente sono presenti alcune faglie profonde ad andamento N-S ascrivibili al sollevamento post-pliocenico che hanno ulteriormente smembrato i tre termini formazionali presenti nell'area pedecollinare bolognese.

La giacitura dei litotipi eocenici, considerato l'assetto caotico degli stessi, determina l'impossibilità di cartografare qualsiasi tipo di giacitura.

### Idrologia

Per quanto concerne l'idrologia superficiale, la posizione topograficamente elevata della zona oggetto di studio, fa sì che la stessa non risulti interessata, né interferisca in maniera diretta con alcuna asta del reticolo idrografico.

L'elemento idrografico principale ubicato nell'area compresa tra Ponte Rivabella e Calderino è il Torrente Lavino che nel tratto in esame scorre con un andamento prevalentemente lineare.

In questo settore il maggiore tributario del Torrente Lavino è il Torrente Olivetta che appartiene comunque agli affluenti in destra idrografica.

I bacini in sinistra idrografica sottendono invece aree talmente limitate che solo le porzioni più a Sud/Ovest (Rio Rosario, Rio Pocapaglia) hanno caratteristiche semipermanenti.

I rimanenti (Rio del Fabbro, Rio Zanini) unitamente ai fossi più settentrionali (compreso quelli delle aree in esame) hanno caratteristiche di spiccata occasionalità per cui il loro tributo idraulico annuale è molto scarso e limitato ai periodi di forte piovosità.

La distanza ed il dislivello che intercorrono tra la zona di studio ed i corsi d'acqua principali fanno sì che non vi siano interferenze tra gli elementi idrografici superficiali e la zona di studio.

Per quanto riguarda l'idrologia sotterranea, la presenza di depositi con inclusi litoidi anche di natura grossolana potrebbe favorire limitate infiltrazioni e circolazione di acqua nei terreni.

Le acque dei bacini idrografici minori in prossimità delle aree antropizzate vengono intubati e fatti defluire nel T. Lavino.

Nella zona in studio, durante l'esecuzione delle prove è stato rilevato un modesto grado di umidità in corrispondenza di tutte le prove e la presenza di acqua solamente nella prova DIN 4 ad una quota di circa - 2.80 m dall'attuale piano campagna.

### Analisi del Rischio Idrogeologico

Come riportato nei paragrafi precedenti, i rilievi di campagna hanno evidenziato la presenza di forme di dissesto ricollegabili a forme di tipo calanchivo che interessano in

particolare gran parte del versante soprastante una porzione a Ovest dell'abitato di Calderino. Per un migliore inquadramento ed una più completa analisi della zona oggetto di studio, sono stati osservati alcuni elaborati tecnico - scientifici relativi all'assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area.

In particolare, è stata consultata la cartografia del P.A.I. Piano Stralcio per il bacino del Torrente Samoggia Tavole 1 e 2 e la Carta del dissesto - Autorità di Bacino Fiume Reno. Su questo elaborato vengono riportate le aree soggette a rischio per la presenza di fenomeni franosi.

In corrispondenza della zona oggetto di studio, la cartografia elaborata dall'Autorità di Bacino evidenzia zone soggette a rischio idrogeologico: per fenomeni di esondazione sono ovviamente da escludere dal momento che l'area di intervento è ubicata a quote molto rilevate rispetto alle aste idrografiche principali; mentre, per quanto riguarda le aree in frana, la cartografia del P.A.I. "Carta delle attitudini alle trasformazioni edilizio - urbanistiche nel territorio del bacino montano" Tavola 2 evidenzia un movimento gravitativo nei pressi dell'area di studio definita come "unità non idonea ad usi urbanistici" (art. 12); nella cartografia Carta del rischio del bacino montano Tavola 1 evidenzia sempre un movimento piuttosto esteso con grado di rischio R2 e normato con l'art 11 delle N.T.A..

Anche la cartografia elaborata dall'Associazione intercomunale area Bazzanese del PSC Tav. MP.B2.02a "Criticità geologiche evidenzia un esteso movimento attivo Zona 1 "Area in dissesto che include anche l'area oggetto di studio.

All'interno della carta del PTCP Tav. 2A "Rischio da frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche" alla scala 1:25.000 - Foglio III è perimetrata una vasta area in frana zona 1 che coinvolge entrambi i calanchi oggetto di studio e normato dagli artt. 6.3, 6.6, 6.7 e 6.14 in cui al punto b dell'art 6.3 "sono consentite opere di consolidamento e di sistemazione dei movimenti franosi".

Infine è stata consultata anche la cartografia geologica della Regione Emilia Romagna nella quale risultano perimetrati due depositi di frana attiva per colamento di fango.

## **OSSERVAZIONI METEOCLIMATICHE**

Il quadro generale sulla distribuzione delle precipitazioni è stato delineato basandosi principalmente sui dati raccolti dall'Arpa Regione Emilia Romagna. Dall'analisi dei dati sulle piogge rilevate nella stazione di Sasso Marconi nel periodo da 1991 - 2005, risulta che le stagioni più piovose sono la primavera e l'autunno, il mese più piovoso è novembre, mentre quello più arido è luglio. Oltre al massimo assoluto registrato nella stagione autunnale è possibile individuare un massimo relativo primaverile, che solitamente coincide con il mese di aprile. In aggiunta alle variazioni nella distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno, attraverso la carta delle isoiete della Regione Emilia Romagna, è possibile evidenziare la diversa distribuzione nel

territorio. In particolare, le precipitazioni aumentano procedendo dal settore costiero e dall'alta padana, in cui cadono meno di 600 mm di pioggia all'anno, a quello subappenninico, con valori compresi tra 800 e 1000 mm annui, fino al settore appenninico in cui le precipitazioni superano anche di gran lunga, i 1000 mm di pioggia annui. La zona di studio, rientra all'interno della fascia caratterizzata da precipitazioni che si aggirano ai 800/900 mm, come evidenziato di seguito dalla carta delle isoiete.

### CARTA DELLE ISOIETE - REGIONE EMILIA ROMAGNA

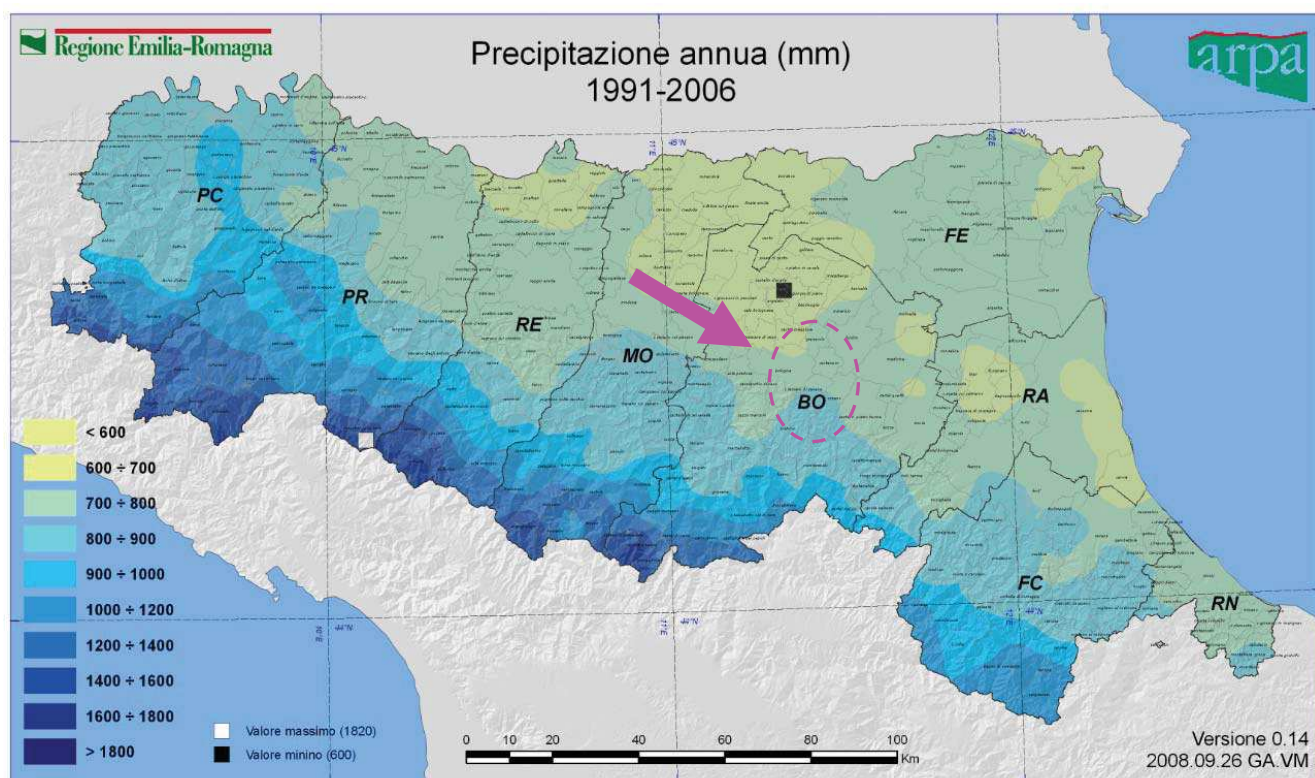


Fig. 1 - Carta delle isoiete Precipitazione annua (mm) 1991-2006



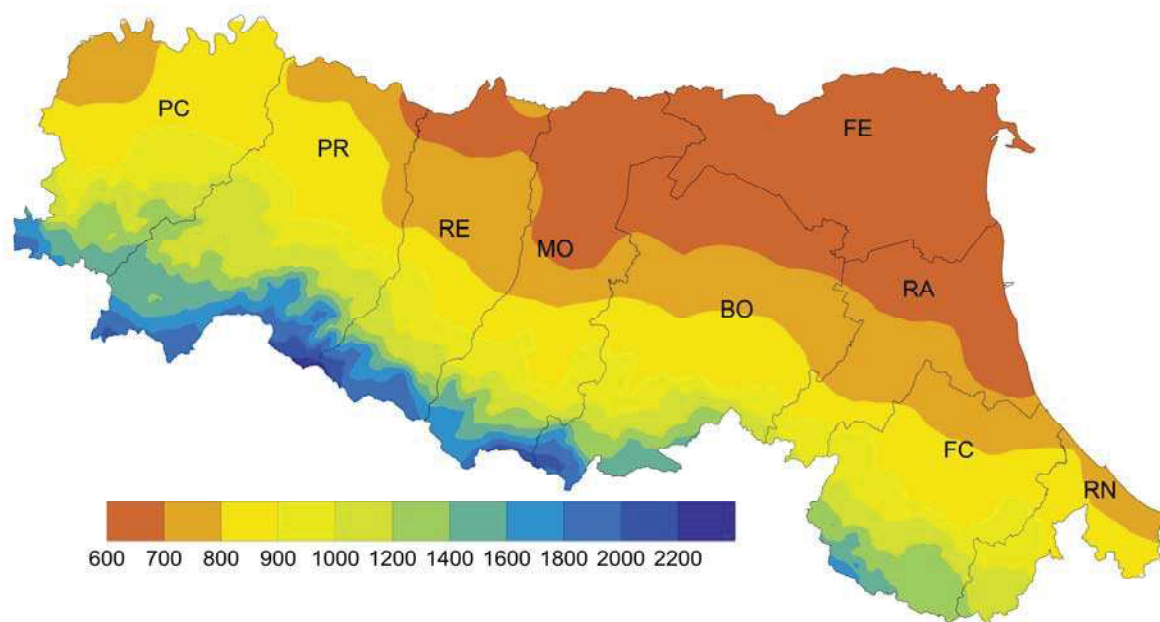


Fig. 2 - Valori medie delle precipitazioni in Emilia Romagna 1961-2010

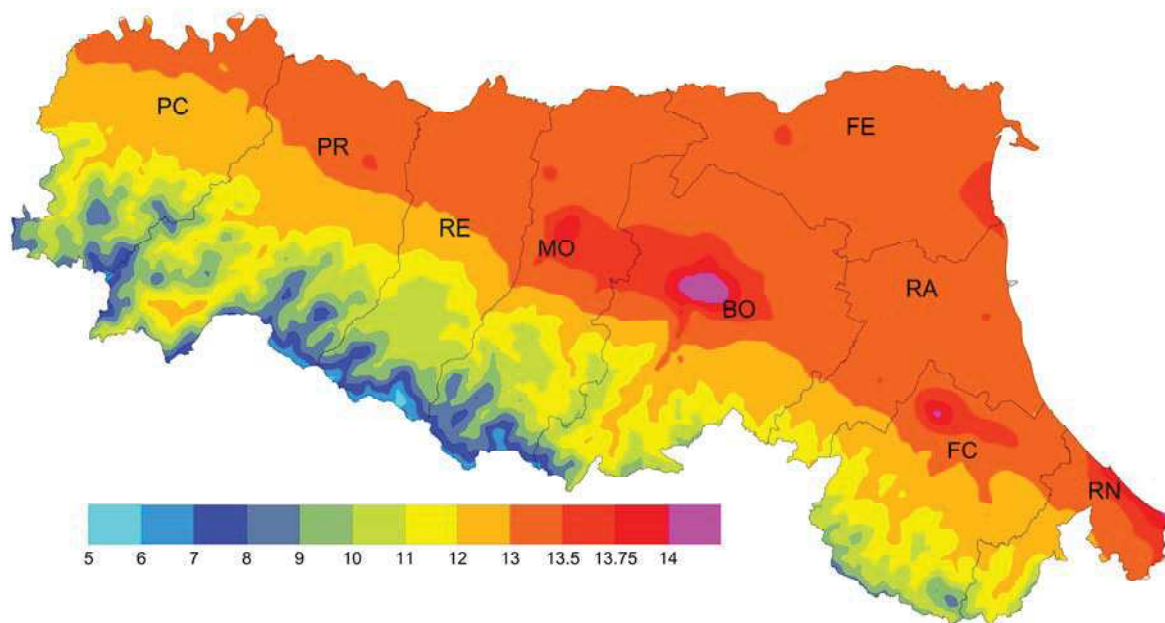


Fig. 3 - Valori medie delle temperature in Emilia Romagna 1961-2010

**Sasso Marconi**  
 quindicennio 1991-2005  
 comune di **SASSO MARCONI - (BO)**  
 latitudine: 44.43; longitudine 11.24; altezza: 275;  
 bacino: manca - sottobacino: manca

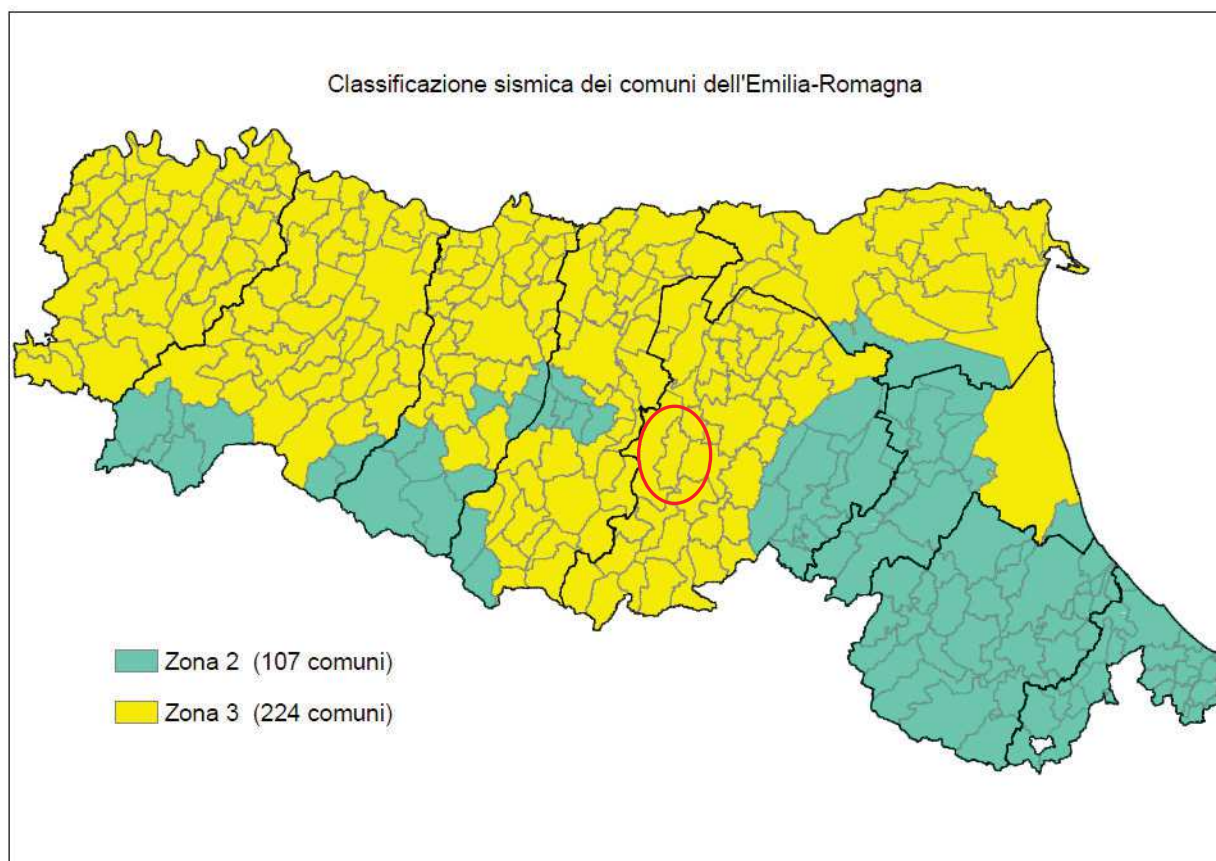
mese	periodo	precipitazione cumulata						massima assoluta		% gg con valore (x) in mm					
		n° dati giorni	media (mm)	mediana (mm)	sqm (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno	x < 1	x >= 1	1 <= x < 5	5 <= x < 10	10 <= x < 20	x >= 20
mese	periodo	n° dati giorni	media (mm)	mediana (mm)	sqm (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno	x < 1	x >= 1	1 <= x < 5	5 <= x < 10	10 <= x < 20	x >= 20
		precipitazione cumulata						massima assoluta		% gg con valore (x) in mm					
GENNAIO	prima	130	13.2	1.4	12.3	1.4	66.2	13.2	04/01/97	78.5	21.5	53.6	21.4	25.0	0.0
	seconda	130	9.0	1.0	8.6	1.0	28.6	18.4	18/01/04	83.8	16.2	71.4	14.3	14.3	0.0
	terza	138	7.8	1.0	7.6	1.0	42.4	22.2	30/01/01	86.2	13.8	63.2	21.1	10.5	5.3
	mese	398	30.0	18.2	29.2	9.2	75.8	22.2	30/01/01	82.9	17.1	61.8	19.1	17.6	1.5
FEBBRAIO	prima	129	9.2	4.2	9.0	2.2	46.8	28.0	09/02/99	88.4	11.6	46.7	26.7	20.0	6.7
	seconda	130	11.7	1.2	11.4	1.2	49.6	37.4	15/02/02	86.9	13.8	44.4	27.8	22.2	5.6
	terza	116	12.8	2.2	12.0	2.2	51.6	21.8	21/02/96	80.2	19.8	47.8	21.7	26.1	4.3
	mese	366	34.7	15.4	33.8	6.8	81.6	37.4	15/02/02	87.4	15.3	46.4	25.0	23.2	5.4
MARZO	prima	132	17.0	3.8	16.4	1.4	65.2	47.8	01/03/93	78.8	21.2	53.6	25.0	14.3	7.1
	seconda	134	3.9	1.2	3.8	1.2	20.8	10.0	16/03/96	91.0	9.0	66.7	25.0	8.3	0.0
	terza	154	19.5	12.2	18.6	1.2	48.8	33.8	25/03/93	77.9	22.1	61.8	14.7	8.8	14.7
	mese	420	40.4	34.4	39.4	2.2	100.6	47.8	01/03/93	82.4	17.6	59.5	20.3	10.8	9.5
APRILE	prima	139	29.5	20.0	28.4	2.4	101.4	101.4	10/04/05	69.1	30.9	53.5	16.3	23.3	7.0
	seconda	132	26.6	15.4	24.7	1.6	67.4	45.4	11/04/01	67.4	32.6	44.2	18.6	30.2	7.0
	terza	130	17.9	12.2	17.0	1.8	45.6	45.0	30/04/92	75.4	24.6	59.4	21.9	12.5	6.3
	mese	388	77.9	64.6	75.8	19.8	150.2	101.4	10/04/05	72.9	30.4	51.7	18.6	22.9	6.8
MAGGIO	prima	129	18.9	9.6	17.6	1.4	52.6	24.2	01/05/93	72.9	27.1	51.4	20.0	22.9	5.7
	seconda	120	17.7	4.4	16.9	2.0	54.2	48.4	11/05/02	74.2	25.8	61.3	22.6	12.9	3.2
	terza	132	8.0	3.8	7.7	1.8	18.0	17.4	21/05/01	87.1	12.9	58.8	29.4	11.8	0.0
	mese	372	45.4	24.8	44.2	16.0	113.8	48.4	11/05/02	80.1	22.3	56.6	22.9	16.9	3.6
GIUGNO	prima	128	13.9	5.8	13.1	1.2	32.2	26.2	01/06/97	74.2	25.8	69.7	15.2	12.1	3.0
	seconda	140	22.9	6.2	22.2	1.0	138.4	64.4	12/06/94	82.9	17.1	50.0	12.5	12.5	25.0
	terza	140	14.1	5.0	13.8	1.6	69.8	45.6	23/06/95	85.7	14.3	45.0	20.0	20.0	15.0
	mese	388	52.4	31.6	51.1	9.6	167.2	64.4	12/06/94	85.3	19.8	57.1	15.6	14.3	13.0
LUGLIO	prima	140	13.5	4.2	13.0	1.2	43.0	37.2	06/07/94	82.1	17.9	48.0	28.0	12.0	12.0
	seconda	130	16.3	6.2	15.6	1.6	58.2	34.8	15/07/02	80.8	19.2	60.0	12.0	16.0	12.0
	terza	143	11.0	1.0	10.7	1.0	36.6	29.8	24/07/04	90.2	9.8	35.7	21.4	35.7	14.3
	mese	403	41.6	30.0	40.6	6.4	94.8	37.2	06/07/94	86.6	15.9	50.0	20.3	18.8	12.5
AGOSTO	prima	139	10.3	2.2	10.2	1.6	43.4	38.8	08/08/93	89.2	10.8	53.3	6.7	33.3	6.7
	seconda	129	17.7	4.6	16.9	1.0	60.6	35.0	11/08/01	86.0	14.0	16.7	33.3	27.8	22.2
	terza	141	24.3	7.8	23.5	4.8	109.4	73.2	27/08/99	80.9	19.1	22.2	44.4	18.5	14.8
	mese	392	54.5	41.8	53.2	1.8	151.4	73.2	27/08/99	89.0	15.3	28.3	31.7	25.0	15.0
SETTEMBRE	prima	134	15.3	11.8	14.4	1.6	60.4	31.0	09/09/03	82.1	17.9	41.7	12.5	41.7	4.2
	seconda	141	27.3	22.6	26.5	2.6	108.2	93.8	18/09/05	78.0	22.0	38.7	22.6	25.8	12.9
	terza	140	24.3	16.8	23.0	3.2	60.4	39.0	23/09/02	72.9	27.1	52.6	18.4	15.8	13.2
	mese	383	70.5	46.8	68.7	20.8	138.8	93.8	18/09/05	84.1	24.3	45.2	18.3	25.8	10.8
OTTOBRE	prima	140	41.0	17.6	38.3	3.0	143.6	73.6	08/10/96	62.9	37.1	40.4	25.0	23.1	13.5
	seconda	132	18.9	14.2	17.5	5.6	63.0	17.0	11/10/92	76.5	23.5	35.5	32.3	32.3	0.0
	terza	143	18.6	7.0	17.7	2.6	69.0	46.0	31/10/04	77.6	22.4	50.0	31.3	15.6	3.1
	mese	403	83.2	64.0	80.9	10.8	165.4	73.6	08/10/96	74.4	28.5	41.7	28.7	23.5	7.0
NOVEMBRE	prima	130	36.2	20.0	33.9	1.6	102.6	59.2	07/11/99	67.7	32.3	42.9	19.0	19.0	19.0
	seconda	129	21.9	5.0	20.3	1.0	76.0	30.4	11/11/04	72.1	27.9	41.7	33.3	13.9	11.1
	terza	130	19.9	8.0	18.8	2.0	70.2	42.6	26/11/03	74.6	26.2	50.0	29.4	14.7	5.9
	mese	360	79.9	41.6	77.6	17.4	194.8	59.2	07/11/99	77.2	31.1	44.6	26.8	16.1	12.5
DICEMBRE	prima	140	34.7	14.8	32.3	3.0	121.8	36.2	09/12/92	72.1	27.9	33.3	20.5	20.5	28.2
	seconda	140	13.6	2.0	12.8	1.2	45.4	18.4	18/12/02	77.1	22.9	56.3	25.0	18.8	0.0
	terza	154	18.7	6.0	17.8	2.8	53.8	38.8	21/12/98	79.9	20.1	48.4	22.6	16.1	12.9
	mese	434	67.1	51.8	65.2	1.4	141.4	38.8	21/12/98	76.5	23.5	45.1	22.5	18.6	14.7



## RISCHIO SISMICO

In base alla normativa riguardante la situazione sismica del territorio, con riferimento al D.M. Min. LLPP 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni sismiche" il Comune di Monte S. Pietro ricadeva in una zona classificata III<sup>a</sup> classe. Nel mese di marzo 2003 è stata redatta una bozza al fine di definire un sistema normativo per la progettazione antisismica e acquisire dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

In riferimento a tale bozza il Comune di Monte S. Pietro ricadeva in classe 3, indicativa di zona a bassa pericolosità. Con l'entrata in vigore, il 23/10/2005, dell'Ordinanza della P.C.M. n° 3274/2003 e successive modifiche, in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e del D.M. 14/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" il Comune di Monte S. Pietro è stato confermato in classe di sismicità **Zona 3** (zona a bassa sismicità).



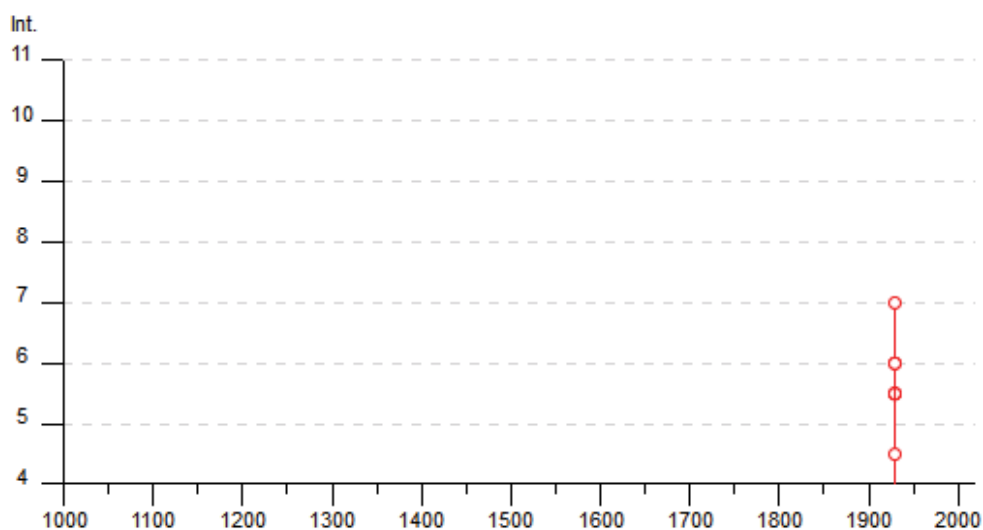
**Figura 4** - Classificazione vigente nei Comuni della Regione Emilia Romagna

Il territorio del Comune di Monte S. Pietro, come risulta dalla consultazione della bibliografia del GNDT ed in particolare del DBMI15, database di osservazioni macrosismiche di terremoti, a cura di Giancarlo Monachesi e Massimiliano Stucchi, è stato interessato negli ultimi secoli da vari terremoti che hanno raggiunto l'intensità massima pari al 7° grado della Scala MCS nell'anno 1929.

Nella tabella che segue, sono riportati i terremoti che hanno interessato il territorio comunale di Monte S. Pietro; sono illustrate le date dell'evento, l'ubicazione, l'intensità (Io) nella zona d'epicentro e quella registrata a Monte S. Pietro (Is).

### Storia sismica di Monte S. Pietro (BO) [44.059, 12.568]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
6	1929	04	22	08	26		Bolognese	41	6-7	5.10
5-6	1929	04	22	14	19		Bolognese	12	5-6	4.61
5-6	1929	04	28	19	40		Bolognese	20	6	4.73
5-6	1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6	5.20
6	1929	05	11	19	23		Bolognese	64	6-7	5.29
4-5	1929	08	17	04	25		Bolognese	10	4-5	3.89
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03



## INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

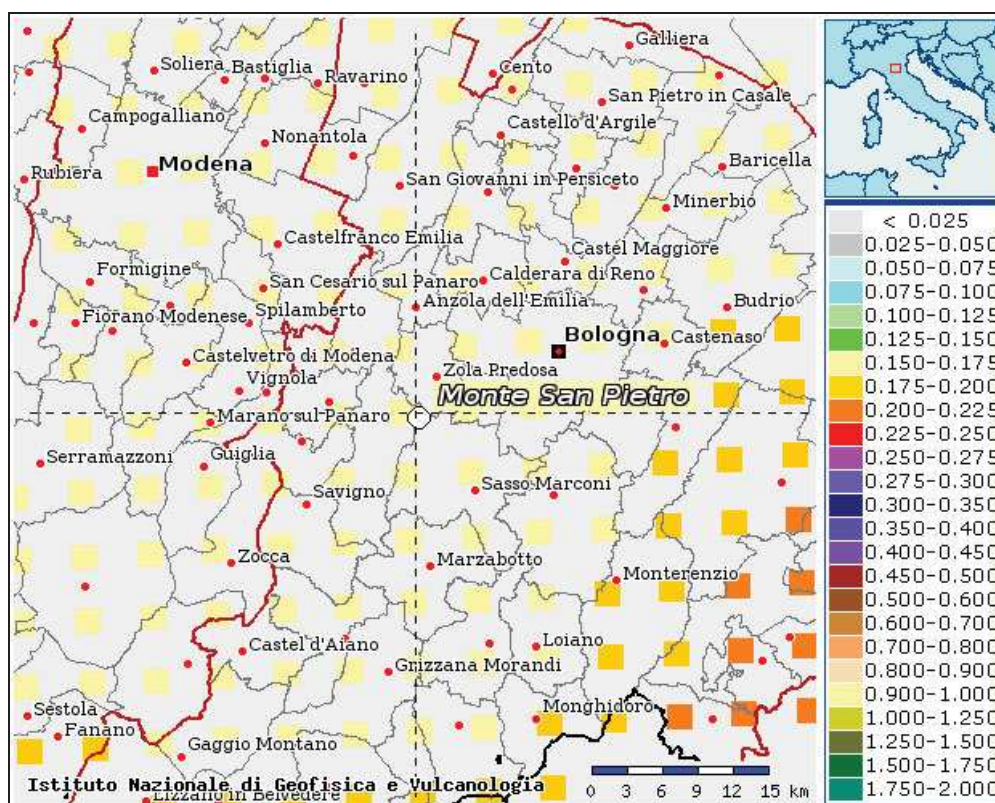
Le nuove NTC (DM 14 gennaio 2008 e del 17 gennaio 2018), propongono una descrizione della pericolosità sismica di base più accurata, sia in termini geografici che temporali. La pericolosità sismica di base è definita infatti secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV che ha prodotto una mappa interattiva di pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale. La pericolosità è stata definita per ogni punto di un reticolo di riferimento basato sulle coordinate geografiche di latitudine e longitudine, svincolato dai limiti amministrativi.

Nel caso specifico le coordinate (ED50) per il sito in Via Lavino località Calderino del Comune di Monte S. Pietro sono le seguenti:

**Latitudine 44.455566**

**Longitudine 11.195845**

**Mappa di pericolosità sismica**  
**Parametro dello scuotimento a(g) con probabilità del 10% in 50 anni**



Fonte INGV - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

In base alle coordinate del sito è possibile quindi determinare la pericolosità sismica di base del sito in esame, definita nelle NTC08 in termini di tre parametri di riferimento:  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T^*c$  (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale). I tre parametri vengono quindi definiti per i periodi di ritorno dell'azione sismica TR di riferimento relativi agli stati limite di esercizio e agli stati limite

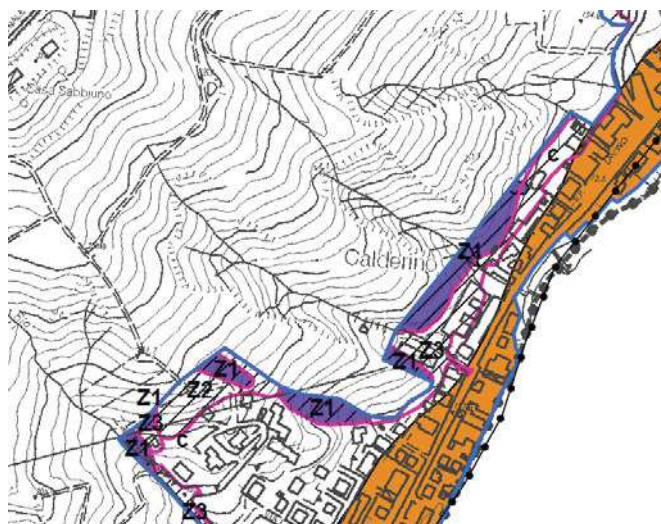


ultimi che nel caso specifico, considerando una vita nominale della costruzione  $V_n$  pari a 50 anni e un coefficiente d'uso della costruzione  $c_u$  pari a 1, sono i seguenti:

Stati Limite	PVR [%]	TR [anni]	ag [g]	F0 [--]	T*c [s]
SLO	81	30	0,054	2,489	0,257
SLD	63	50	0,067	2,491	0,270
SLV	10	475	0,164	2,403	0,297
SLC	5	975	0,206	2,410	0,312

### MICROZONAZIONE SISMICA

L'analisi delle cartografie sismiche allegate al Piano Strutturale dei Comuni dell'Area Bazzanese specificatamente del Comune di Monte S. Pietro Microzonazione sismica del Comune di Monte San Pietro "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" alla scala 1:5.000 (figura 5), mostra un'area, poco al di sopra di Via Lavino, definita come: *zona suscettibile di instabilità - instabilità di versante attiva - morfologia: pendio con acclività >15° in cui sono richiesti approfondimenti di livello 3 (rilievi in sito di dettaglio; verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici; analisi numerica della risposta sismica locale).*



#### Zone suscettibili di instabilità

- Liquefazioni - Sabbie limose e limi sabbiosi e/o argillosi di conoide alluvionale (corsi d'acqua minori, caratterizzati da bacini idrografici impostati nelle formazioni arenacee delle "Sabbie Gialle"). Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (verifiche di liquefazione/densificazione; cedimenti post-sisma; risposta sismica locale). [equivalente a L1 (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione].
- Instabilità di versante attiva. Morfologia: pendio con acclività  $\geq 15^\circ$ . Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (rilievi in sito di dettaglio; verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici; analisi numerica della risposta sismica locale). [equivalente a FP (PTCP) = Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche].
- Instabilità di versante quiescente. Morfologia: pendii con acclività  $< 15^\circ$  e/o  $\geq 15^\circ$ . Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (rilievi in sito di dettaglio; verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici; analisi numerica della risposta sismica locale). [equivalente a Q (PTCP) = Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche o topografiche].
- Instabilità di versante non definita. a) pendii con acclività variabili da  $15^\circ$  a  $35^\circ$  in prossimità di movimenti franosi attivi e/o quiescenti; b) pendii con acclività fino a  $30^\circ$  (coperture detritiche e/o paleofrana) in prossimità di movimenti franosi attivi e/o quiescenti; c) zone di potenziale interferenza (possibile evoluzione o influenza; possibile arrivo/accumulo di movimenti franosi limitrofi); d) pendii fino a  $30^\circ$  potenzialmente instabili per condizioni litologiche (coperture e/o bedrock alterato) e/o morfologiche. Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (rilievi in sito di dettaglio; verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici; analisi numerica della risposta sismica locale). [definire equivalenza con macrozone PTCP sulla base degli ulteriori approfondimenti di livello 3].
- Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti: presenza di faglia diretta, non attiva (da verificare) e/o bedrock molto fratturato (AVS). Effetti attesi: deformazioni/cedimenti differenziali; instabilità di versante; amplificazione del moto sismico. Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (rilievi in sito di dettaglio; verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici; analisi numerica della risposta sismica locale). [equivalente a D (PTCP) = Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali].
- Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate (PSA). [aree soggette a specifica normativa: art. 6.2 PTCP].


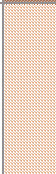
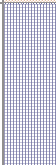

Figura 5 - Stralcio Carta Microzonazione sismica "Carta delle aree suscettibili di effetti locali"

## SUCCESSIONE STRATIGRAFICA LOCALE

Nell'ambito del presente studio, al fine di ricostruire la successione stratigrafica dell'area in dissesto oggetto di intervento, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche.

In particolare sono state eseguite n° 10 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH), con prelievo di n° 2 campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio, n° 3 misure di microtremore (HVSR) a stazione singola e n° 1 stendimento sismico in tecnica tomografica (Vp) e in tecnica MASW.

L'insieme dei dati acquisiti ha consentito di individuare 2 orizzonti stratigrafici principali, così come descritto di seguito:

<b>ORIZZONTE "A1"</b>		Spessore da 0.40 - 1.0 m Terreno a bassa consistenza, composto da argille e limi di colore nocciola scuro talora con inclusi calcarei decimetrici
<b>ORIZZONTE "A2"</b>		Spessore 1.40 - 2.20 m Coltre detritica colluviale a consistenza medio bassa costituita da argille marnose di colore grigio scuro con inclusioni di blocchi calcarei decimetrici
<b>ORIZZONTE "B1"</b>		Spessore 0.40 - 5.40 m Coltre detritica eluviale abbastanza consistenti costituita da argille marnose di colore grigio scuro con inclusioni di blocchi calcarei decimetrici
<b>ORIZZONTE "B2"</b>		A partire da 0.40 - 6.0 m dal p.c. Formazione geologica di base abbastanza consistente contraddistinta da argille marnose alterate nella porzione sommitale con inclusi lapidei

L'orizzonte A è stato suddiviso in due orizzonti in funzione della loro resistenza alla penetrazione: l'Orizzonte A1, la porzione più superficiale è contraddistinta da una coltre detritica colluviale molto degradata costituita da terreni poco consolidati e caratterizzati da una bassa resistenza alla penetrazione con spessori maggiori, dell'ordine di circa 1 m rilevati nella prova DIN 10, nella porzione terminale dell'area calanchiva posta più a Sud Ovest.

L'orizzonte A2 è contraddistinto da depositi sempre di origine colluviale, leggermente più consolidati: questi, infatti, si distinguono per una maggiore resistenza rispetto ai terreni precedentemente descritti e rilevati solamente nella parte bassa del calanco di Sud Ovest.

A partire da una profondità compresa tra 0.40 e 3.20 m dal p.c. si ha il passaggio al substrato geologico (Orizzonte B), contraddistinto da caratteristiche geotecniche buone, che migliorano progressivamente con la profondità (Orizzonte B2). Questo è stato evidenziato anche dalla tomografia sismica (passaggio dallo "strato 2" allo "strato 3" e dallo "strato 3" allo "strato 4") con aumento progressivo delle Vp e Vs.

La stratigrafia è rappresentata nelle varie sezioni geologiche allegata in calce alla presente relazione geologica.

Nella zona in studio, durante l'esecuzione delle prove è stata rilevato un elevato grado di umidità in corrispondenza di tutte le prove e la presenza di acqua solamente nella prova DIN 4 ad una quota di circa - 2.80 m dall'attuale piano campagna.

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei vari orizzonti litologici, oltre che sull'osservazione diretta dei terreni, così come previsto dal D.M. 11.03.1988, è stata ricavata tramite analisi di laboratorio presso il laboratorio geomeccanico GEODE di Rimini del Dott. Marino Mularoni (prova di taglio diretto valori di picco e residuo) eseguiti su due campione rispettivamente (C1) prelevato dalla prova DIN 2 alla profondità tra 0.70 - 1 m e (C2) prelevato nella prova DIN 6 alla profondità tra 0.50 - 1 m entrambi in corrispondenza del livello Orizzonte B1 che presenta un grado di consistenza maggiore rispetto all'orizzonte più superficiale "A2". I parametri sono stati integrati con dati ricavati dalla bibliografia ufficiale.

Lo schema che segue visualizza i principali parametri geotecnici attribuiti ai vari orizzonti litologici. Per ulteriori parametri si rimanda all'elaborazioni dei dati delle prove penetrometriche.

<b>ORIZZONTE "A1"</b>	$c = 0.04-0.06 \text{ kg/cm}^2$ $\varphi = 19-21^\circ$ $\gamma = 1.80 - 1.95 \text{ g/cm}^3$ $c_u = 0.1-0.2 \text{ kg/cm}^2$ $E' = 190-210 \text{ kg/cm}^2$
<b>ORIZZONTE "A2"</b>	$c = 0.14-0.18 \text{ kg/cm}^2$ $\varphi = 19-21^\circ$ $\gamma = 1.85 - 2.0 \text{ g/cm}^3$ $c_u = 0.25-0.35 \text{ kg/cm}^2$ $E' = 220-240 \text{ kg/cm}^2$
<b>ORIZZONTE "B1"</b>	$c = 0.21- 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $c_u = 0.8-1.0 \text{ kg/cm}^2$ $\varphi = 18.6-24.3^\circ$ $\gamma = 1.9 - 2.1 \text{ g/cm}^3$ $E' = 250-350 \text{ kg/cm}^2$  <b>Valori residui</b> $c_{res} = 0.16 - 0.17 \text{ kg/cm}^2$ $\varphi_{res} = 12.6 - 14.3^\circ$
<b>ORIZZONTE "B2"</b>	$c = 0.5-1.5 \text{ kg/cm}^2$ $c_u = 2.5-5.0 \text{ g/cm}^3$ $\varphi = 24-26^\circ$ $\gamma = 2.0-2.2 \text{ g/cm}^3$ $E' = 500-700 \text{ kg/cm}^2$

$c$  = coesione,  $c_u$  = coesione non drenata,  $\varphi$  = angolo d'attrito,  $\gamma$  = peso unità di volume,  $E'$  = modulo di deformazione drenato.

## **RISPOSTA SISMICA LOCALE**

Nell'ambito del progetto di stabilizzazione di un versante calanchivo in località Calderino nel Comune di Monte San Pietro (BO), sono state eseguite analisi di risposta sismica locale (RSL) in assetto monodimensionale per la stima dell'azione sismica di progetto. Le analisi sono state riferite ai profili sismo-stratigrafici ricostruiti dall'elaborazione delle indagini geofisiche eseguite nell'ambito del medesimo progetto e così di seguito dettagliate:

- N° 1 stendimento sismico a rifrazione 2D in tecnica tomografica in onde P;
- N° 1 stendimento sismico Masw 1D in onde S (Multi-channel Analysis of Surface Waves);
- N° 3 stazioni di misura in sismica passiva H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

## **INDAGINI PER LA DEFINIZIONE DEL MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO**

Per definire il modello sismostratigrafico da utilizzare nelle analisi di RSL, sono stati impiegati i risultati di una campagna di indagini geofisiche consistita in profili sismici in onde S e P, integrati da prove di sismica passiva H.V.S.R..

### **Indagine tomografica e Masw**

L'indagine Masw integrata con il profilo sismico a rifrazione in tecnica tomografica ha permesso di definire il modello sismostratigrafico del sito fino alla profondità di circa 30.0 m dal p.c..

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici delle tavole.

### **Prova H.V.S.R.**

Le prove H.V.S.R. sono state eseguite al fine di verificare la presenza di eventuali effetti di amplificazione sismica locale significativi e di discriminare la profondità del bedrock sismico, non intercettato con le indagini più superficiali di sismica attiva.

Considerando la successione stratigrafica ricavata dalle informazioni bibliografiche raccolte e il confronto tra la curva sperimentale e quella teorica calcolata dall'analisi del profilo Masw e tomografico, la presenza di un picco fondamentale di bassa ampiezza a circa 0.7/0.9 Hz ( $A_0 < 2$ ) può essere ricondotto ad un passaggio stratigrafico con un substrato rigido affiorante a circa 175 m di profondità rispetto al piano di esecuzione della prova. In allegato alla relazione, si riportano i report delle tre misure H/V effettuate.

## **ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)**

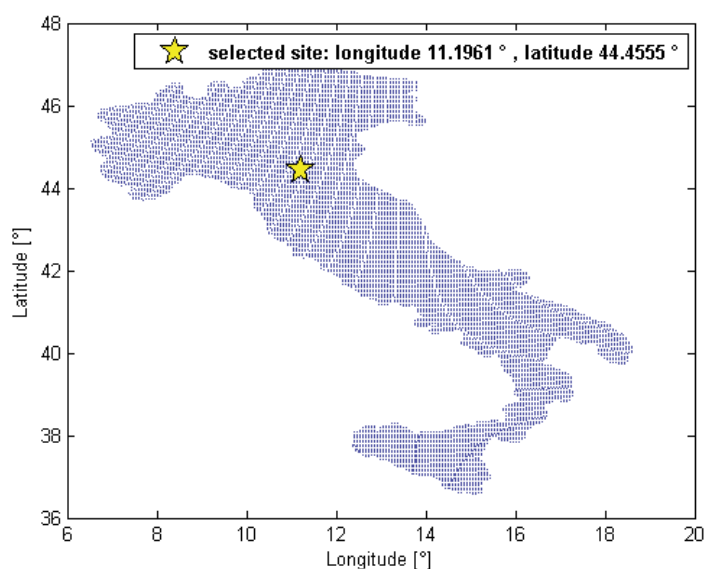
Per le analisi di RSL del sito si è proceduto come segue:

1. individuazione delle coordinate geografiche, delle caratteristiche di sismicità dell'area e dei parametri progettuali per l'opera in esame;

2. scelta degli accelerogrammi di input;
3. definizione del modello sismo-stratigrafico monodimensionale;
4. elaborazione degli spettri di risposta in accelerazione e pseudo-velocità;
5. restituzione dei risultati e confronto con gli spettri di normativa per le varie categorie di sottosuolo.

**Individuazione della sismicità dell'area e dei parametri progettuali.**

L'area oggetto di analisi è ubicata in località Calderino nel Comune di Monte San Pietro (BO).



I parametri progettuali per l'opera in esame sono riassunti nella seguente tabella:

Coordinate (ED50)	Lat.: 44.455469
	Long.: 11.196140
Vita nominale ( $v_N$ )	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso ( $C_u$ )	1
Vita di riferimento ( $v_R$ )	50 anni
Stati limite oggetto di analisi	SLD e SLV
Periodo di ritorno ( $T_R$ )	50 (SLD) e 475 anni (SLV)
ag (g)	0.067 g (SLD) e 0.164 g (SLV)
F0	2.491 (SLD) e 2.402 (SLV)
T*c (s)	0.270 s (SLD) e 0.298 s (SLV)

Tab. 1 – Coordinate geografiche del sito e parametri progettuali

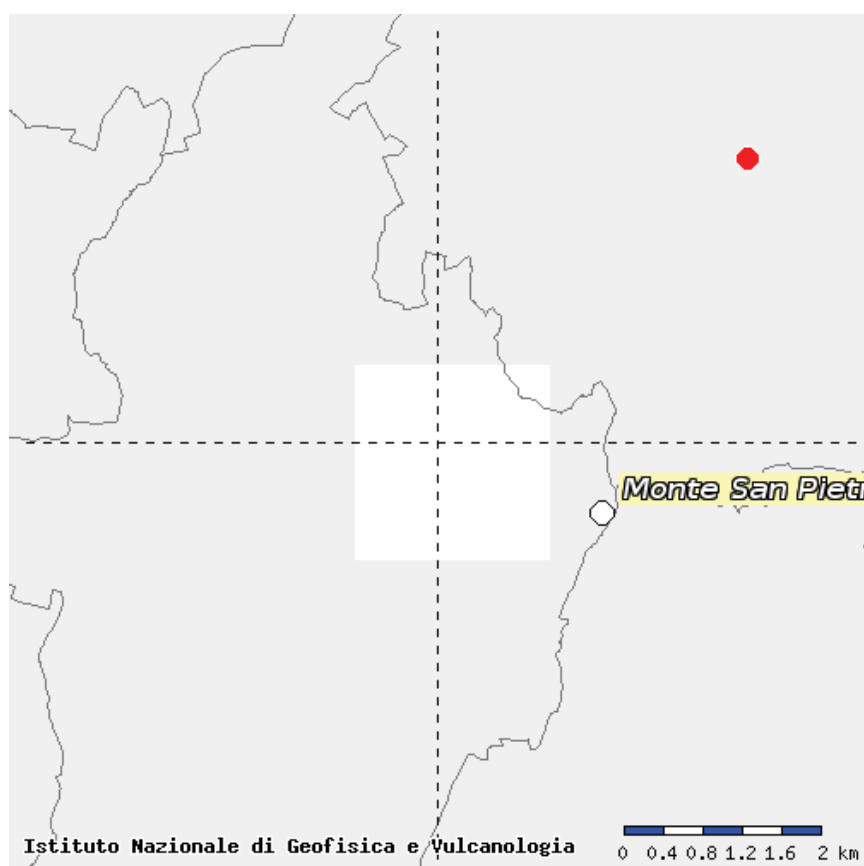


### **Scelta degli accelerogrammi di input**

La scelta dell'input per le analisi di RSL è stata eseguita in accordo con le N.T.C.2018 (D.M. 17 gennaio 2018) che prevedono l'utilizzo di un set di accelerogrammi naturali registrati su substrato sismico che soddisfino il requisito di spettro-compatibilità con lo spettro di risposta di normativa.

Per l'estrazione è stato utilizzato il programma Rexelite che necessita di conoscere il contributo alla pericolosità del sito di sorgenti sismogenetiche poste a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Tale contributo è stato definito grazie all'operazione di disaggregazione eseguita a partire dalle mappe interattive di pericolosità sismica realizzate dall'I.N.G.V..

Le mappe si riferiscono alla probabilità di superamento in 50 anni pari al 5% (TR = 475 anni per stato limite SLV) e al 63 % (TR = 50 anni per stato limite SLD).



**Fig. 6–** Mappa interattiva di pericolosità sismica

I risultati della disaggregazione sono riportati di seguito:

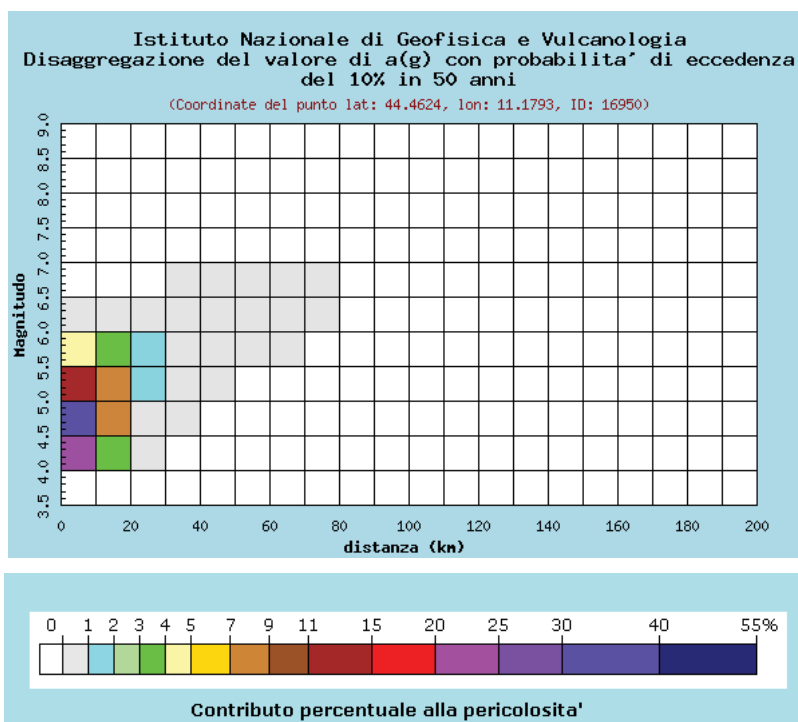


Fig. 7– Disaggregazione di  $a(g)$  con probabilità di superamento in 50 anni pari al 5%.

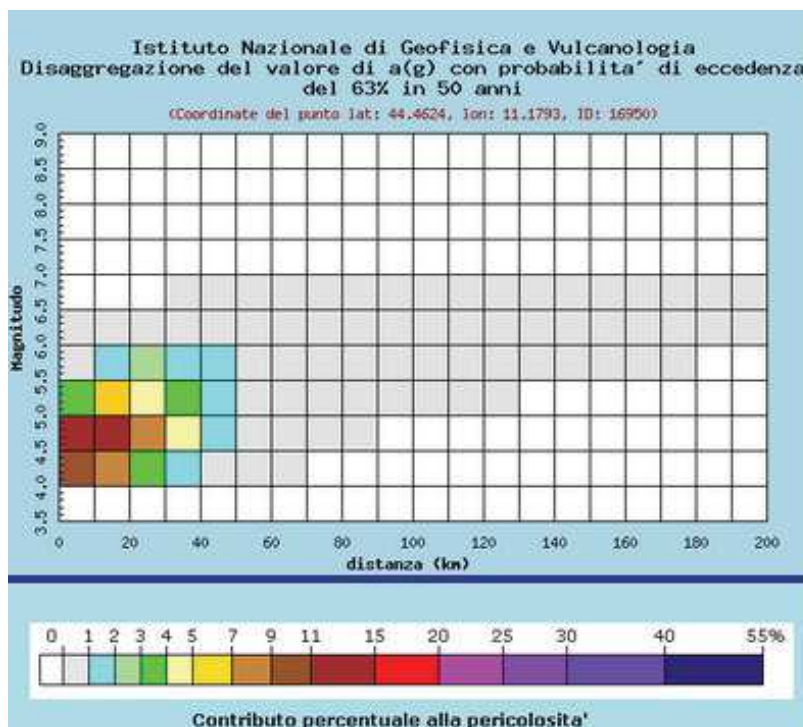


Fig. 8– Disaggregazione di  $a(g)$  con probabilità di superamento in 5 anni pari al 63%.

Gli accelerogrammi di input sono stati individuati tra quelli registrati su suolo di categoria A con profilo topografico piano (Categoria T1), relativamente alle probabilità di eccedenza considerate.

Sono stati quindi selezionati accelerogrammi non scalati nel database ITACA dell'I.N.G.V. considerando per la media una compatibilità per periodi compresi tra 0.1 e 2 s con una tolleranza inferiore pari al 10% e superiore pari al 30% rispetto lo spettro di risposta del codice del sito per i parametri di progetto. Tra le combinazioni selezionate di 7 accelerogrammi ciascuna, è stata estratta quella che presenta mediamente lo scarto inferiore.

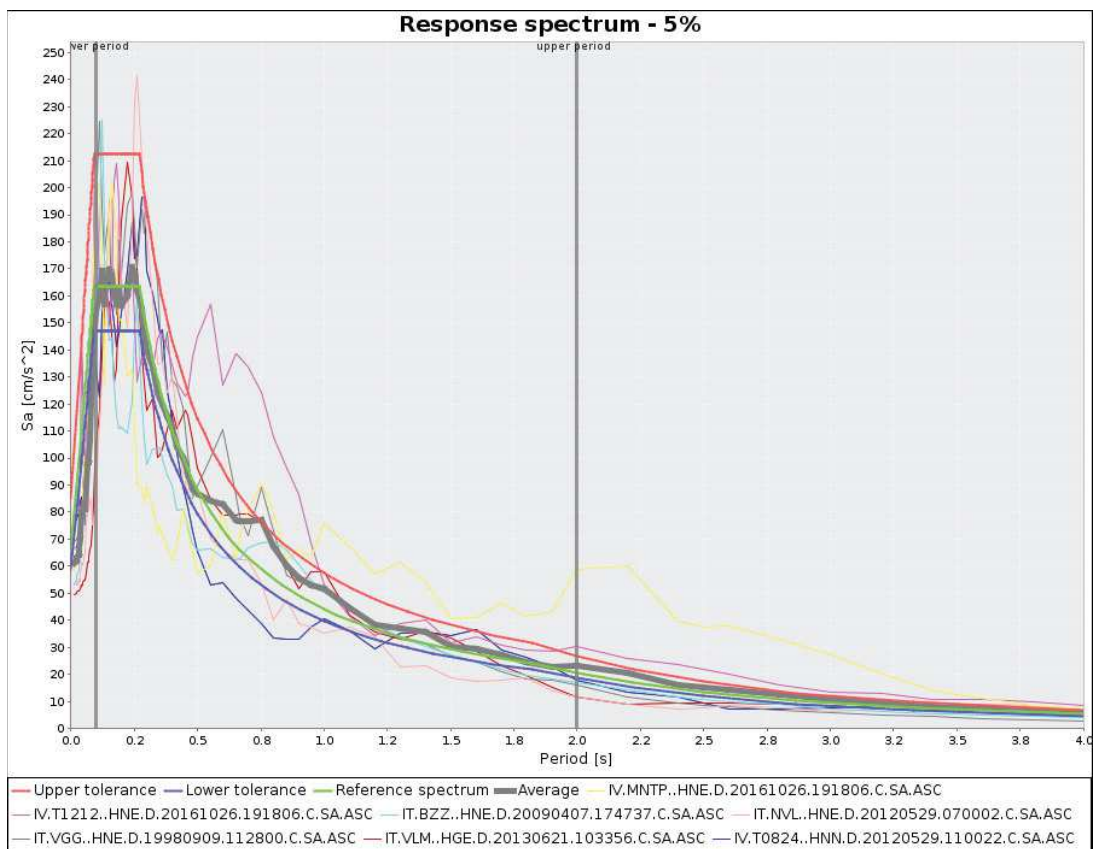


Fig. 9 – Accelerogrammi di input utilizzati per la RSL nello SLD

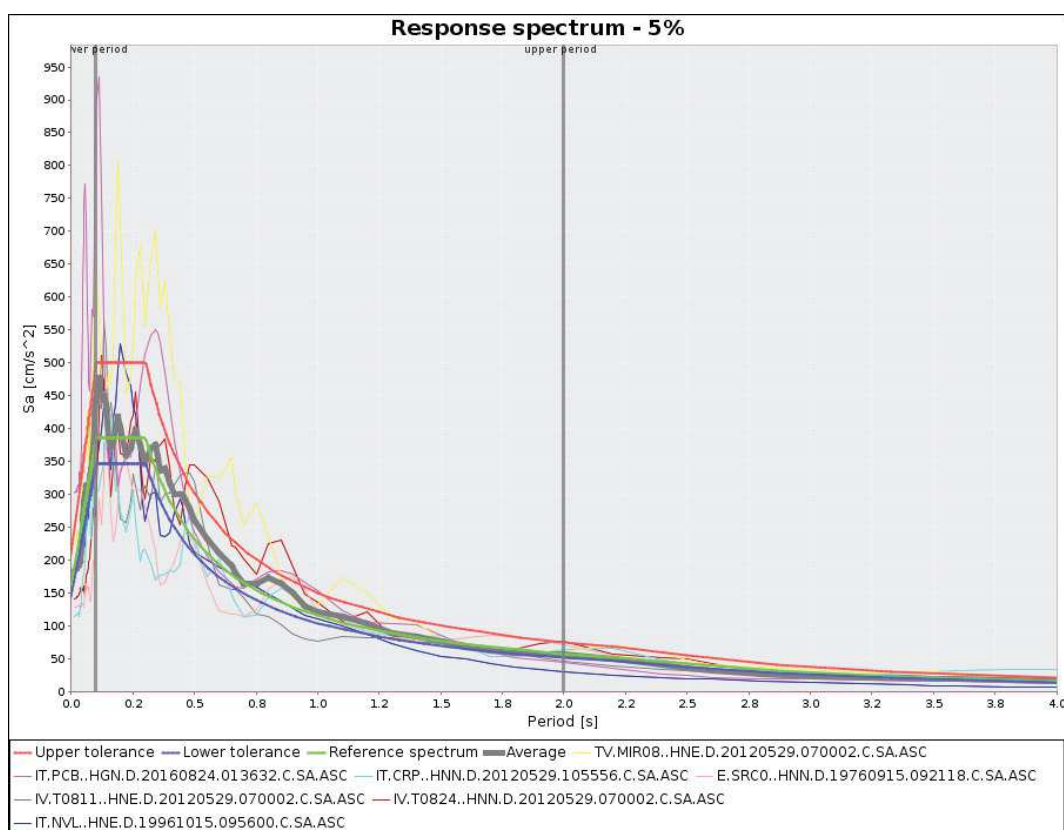


Fig. 10 – Accelerogrammi di input utilizzati per la RSL nello SLV

### Definizione del modello sismostratigrafico

Le informazioni bibliografiche pregresse integrate con quelle di nuova esecuzione hanno premesso di definire il modello sismo-stratigrafico di riferimento del sito, riassunto in Tab. 2. Tale modello in via cautelativa considera il piano fondale coincidente con il p.c., considerando che su tutto il versante è sempre presente una coltre di alterazione delle argille azzurre affioranti.

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Peso di volume* (KN/m <sup>3</sup> )	Velocità onde S (m/s)	Litotipo
1	0 – 1.00	1.00	18.0	130	Eluvio colluviale argilloso
2	1.00 – 5.60	4.60	19.0	248	Argille poco consistenti
3	5.60 - 14.60	9.00	20.0	390	Marne argillose alterate
4	14.60 - 24.60	10.00	21.0	450	Marne argillose
5	24.60 - 174.60	150.00	21.0	490	Marne argillose
7	> 174,60	-	-	830*	-

\*da bibliografia

Tab. 2 – Modello sismostratigrafico.

Ad ogni strato sono state associate le curve dinamiche di smorzamento  $G(g)/G_0$  e  $D(g)$ , utilizzate per simulare il comportamento non lineare dei terreni mediante il legame costitutivo

lineare equivalente. Sono state considerate le curve bibliografiche di Idriss, in particolare quelle relative alle argille (Clay) sulla base delle caratteristiche litologiche di ciascun orizzonte.

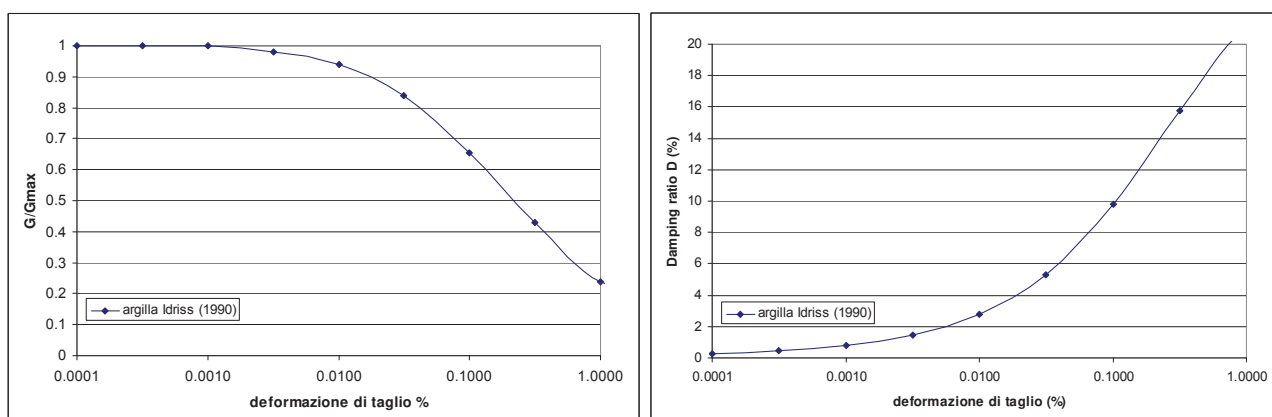


Fig. 11 – Curve dinamiche di smorzamento  $G(g)/G_0$  e  $D(g)$  per l'argilla (Idriss, 1990).

### Analisi di RSL

L'analisi monodimensionale è stata eseguita con il software Strata che calcola la risposta sismica di un deposito stratificato orizzontalmente, a comportamento visco-elastico lineare, poggiante su bedrock rigido a superficie orizzontale, soggetto alla propagazione verticale di onde di taglio. Il codice opera nel dominio delle frequenze. Il calcolo della RSL alla superficie del deposito avviene attraverso il metodo della funzione di trasferimento che si articola attraverso le seguenti fasi:

1. calcolo della trasformata di Fourier (FT) dell'accelerogramma di input al bedrock attraverso la quale quest'ultimo è trasformato in una somma infinita di componenti armoniche;
2. calcolo della funzione di trasferimento del deposito;
3. calcolo della trasformata della risposta alla superficie del deposito come prodotto della funzione di trasferimento spettrale del deposito (FAS) per la trasformata dell'input;
4. calcolo della trasformata inversa di Fourier (IFT) della trasformata ottenuta al punto precedente ottenendo la risposta in superficie nel dominio del tempo.

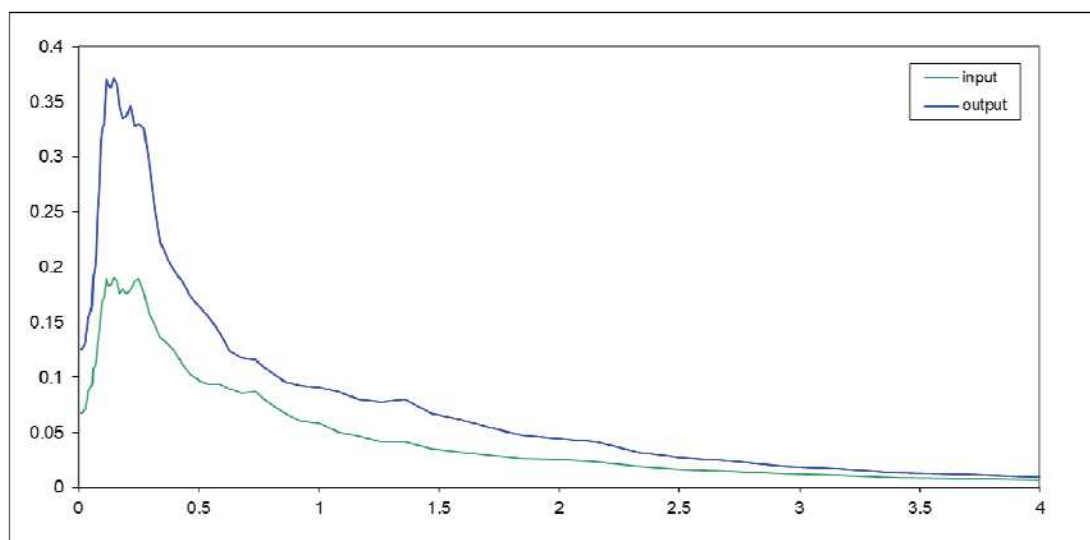
In fase di definizione dell'input di analisi, è stato imposto al software un errore residuo massimo del 2% per un numero massimo di 10 iterazioni.

Considerando la presenza di un sito collocato lungo un versante con inclinazione  $> 15^\circ$ , nella fase di comparazione con gli spettri di normativa è stato infine applicato un coefficiente di amplificazione topografica sull'intero spettro di output.

### Analisi RSL - SLD

Di seguito si riportano gli spettri di risposta elastici in accelerazione medi di input e di output risultanti dalle elaborazioni per lo SLD, calcolati in condizioni di topografia piano parallela:





**Fig. 12** – Spettri di risposta in accelerazione medi SLD di input e di output.

Dai dati dei due spettri medi si ricavano i valori dei fattori di amplificazione FA in accelerazione e FV in pseudovelocità con la seguente procedura.

Per ognuno degli spettri si determina il periodo TA, corrispondente al massimo valore dell'ordinata spettrale e si ricava il valore medio SAM tra 0.5\*TA e 1.5\*TA:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5*TA}^{1.5*TA} SA(T) dt$$

Si calcolano poi gli spettri di pseudovelocità di input e di output come:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

Sempre per ciascuno degli spettri, si determina il periodo TV, corrispondente al massimo valore dello spettro in pseudovelocità e si calcola il valore medio SVM nell'intorno di TV:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TA} \int_{0.8*TV}^{1.2*TV} SV(T) dt$$

Infine si calcolano i valori di FA e di FV:

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

dove  $SA_{m,i}$  è il valore medio dello spettro in accelerazione di input e  $SA_{m,o}$  di quello di output,

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m,i}}$$

dove  $SV_{m,i}$  è il valore medio dello spettro in pseudovelocità di input e  $SV_{m,o}$  di quello di output.

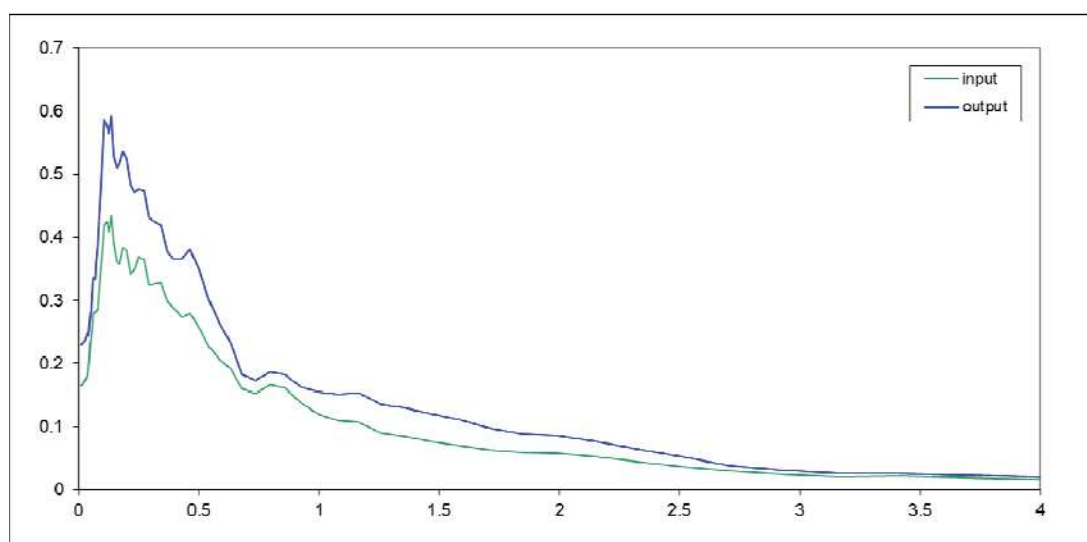
I valori di FA e FV calcolati per il sito in esame per SLD sono quindi i seguenti:

$$FA = 1.56$$

$$FV = 1.39$$

### Analisi RSL - SLV

Di seguito si riportano gli spettri di risposta elastici in accelerazione medi di input e di output risultanti dalle elaborazioni per lo SLV:



**Fig. 13** – Spettri di risposta in accelerazione medi SLV di input e di output.

Dai dati dei due spettri medi si ricavano i valori dei fattori di amplificazione FA in accelerazione e FV in pseudovelocità tramite la seguente procedura.

Per ognuno degli spettri si determina il periodo  $TA$ , corrispondente al massimo valore dell'ordinata spettrale e si ricava il valore medio  $SA_m$  tra  $0.5*TA$  e  $1.5*TA$ :

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5*TA}^{1.5*TA} SA(T) dt$$

Si calcolano poi gli spettri di pseudovelocità di input e di output come:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

Sempre per ciascuno degli spettri, si determina il periodo TV, corrispondente al massimo valore dello spettro in pseudovelocità e si calcola il valore medio SVM nell'intorno di TV:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TA} \int_{0.8*TV}^{1.2*TV} SV(T) dt$$

Infine si calcolano i valori di FA e di FV:

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

dove SA<sub>m,i</sub> è il valore medio dello spettro in accelerazione di input e SA<sub>m,o</sub> di quello di output,

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m,i}}$$

dove SV<sub>m,i</sub> è il valore medio dello spettro in pseudovelocità di input e SV<sub>m,o</sub> di quello di output.

I valori di FA e FV calcolati per il sito in esame per SLV sono quindi i seguenti:

$$FA = 1.38$$

$$FV = 1.00$$

### **Confronto tra gli spettri di RSL e quelli di normativa**

L'analisi della Vseq ricavata dalle indagini sismiche effettuate, associa al sito di progetto una Categoria di Sottosuolo di tipo "B", con amplificazione topografica associata alla Categoria di tipo "T2". Il confronto con gli spettri di risposta delle NTC2018 per le varie Categorie di Sottosuolo è stato quindi effettuato tramite la normalizzazione dello spettro di RSL, eseguita secondo le procedure degli ICMS 2008, come meglio specificate da Pergalani e Compagnoni (2013).

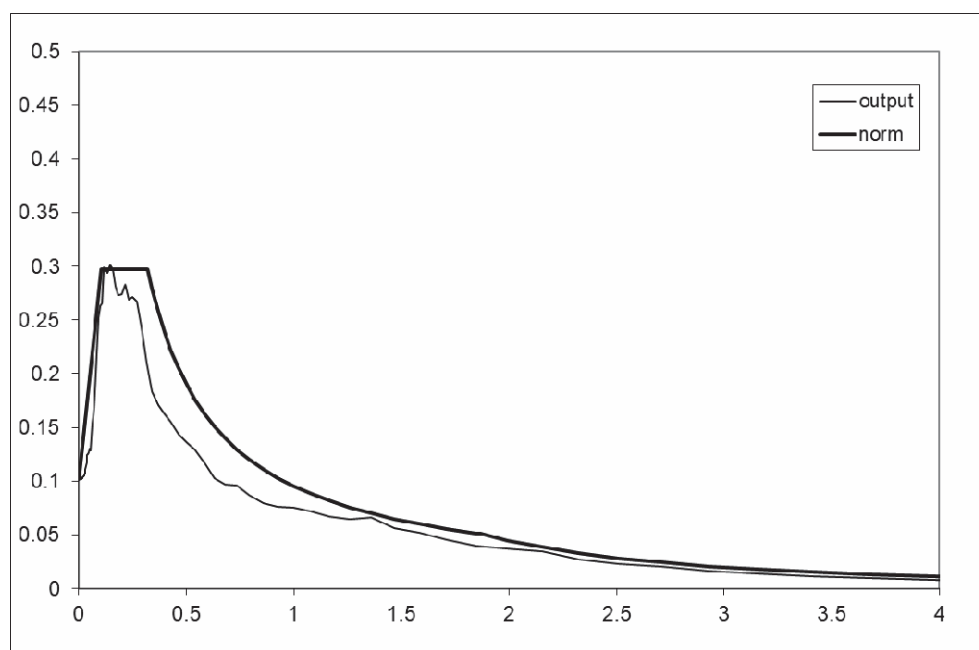
### ***Confronto spettri RSL e di normativa per SLD***

I parametri che definiscono lo spettro di risposta elastico per SLD sono riassunti in Tab. 3.

parametri pericolosità sismica di base	ag	0.067 g
	F0	2.491 s
	T <sub>C</sub> *	0.270 s
parametri di output ricavati da RSL	amax	0.122 g
	SA per $T_B \leq T < T_C$ (plateau)	0.356 g
	S	1.522
	TB	0.107 s
	TC	0.321 s
	TD	1.868 s

Tab. 3 – Parametri e punti spettrali per SLD

Lo spettro normalizzato ottenuto nelle condizioni di topografia piano parallela viene riportato in Fig.14:

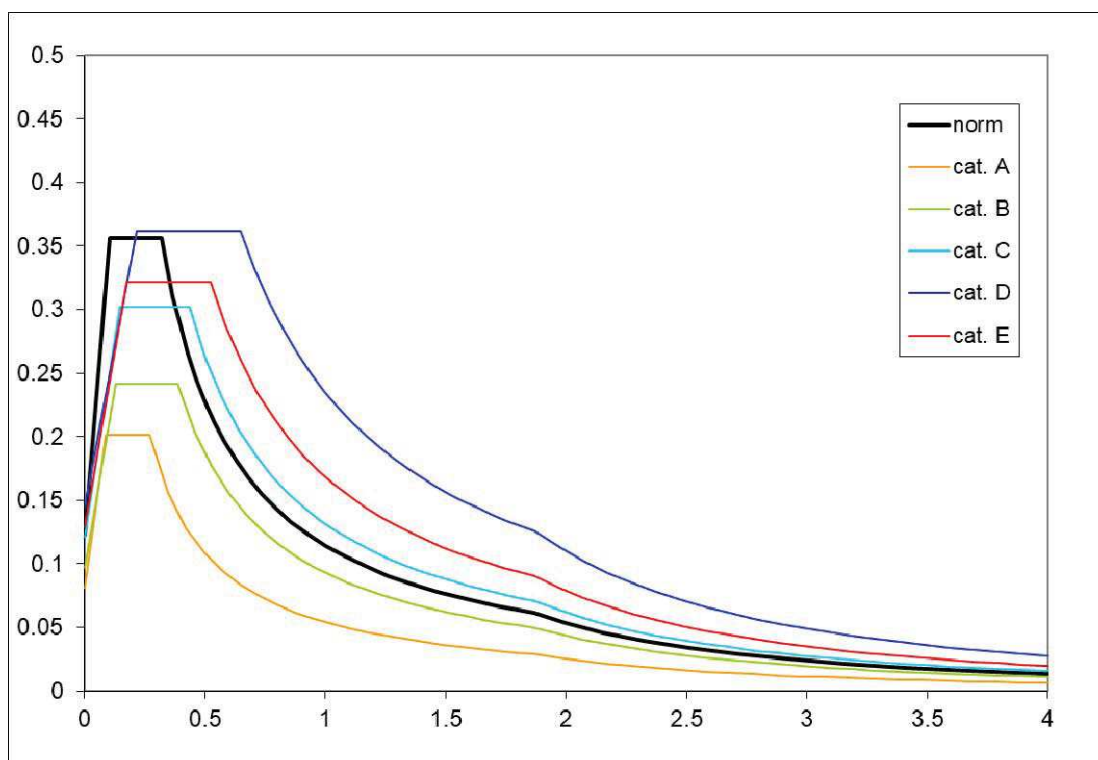


**Fig. 14** – Spettro di risposta in accelerazione medio di output e relativo spettro normalizzato in condizioni piano parallele (ST = 1.0)

Al fine di effettuare una comparazione tra lo spettro ricavato dalla RSL e quelli di normativa connessi alla metodologia semplificata, sono stati quindi calcolati tutti gli spettri relativi alle Categorie di Sottosuolo A, B, C, D ed E per il sito in esame tramite Excel Spettri-NTC. Sia per lo spettro di RSL che per quelli di normativa è stato infine applicato un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1.2$  riferito alla Categoria Topografica T2 (pendio con inclinazione media maggiore di  $15^\circ$ ).



Come si evince dal grafico di Fig.15, lo spettro di RSL calcolato per il sito in esame relativamente allo stato limite di danno SLD, risulta approssimativamente coincidente con quello di categoria D, salvo una minore estensione del tratto di flat che risulta più spostato verso i bassi periodi.



**Fig. 15** – Confronto tra lo spettro di risposta in accelerazione medio di output normalizzato e quelli relativi alle Categorie di Sottosuolo di normativa per il sito in esame per un TR = 50 anni (SLD).

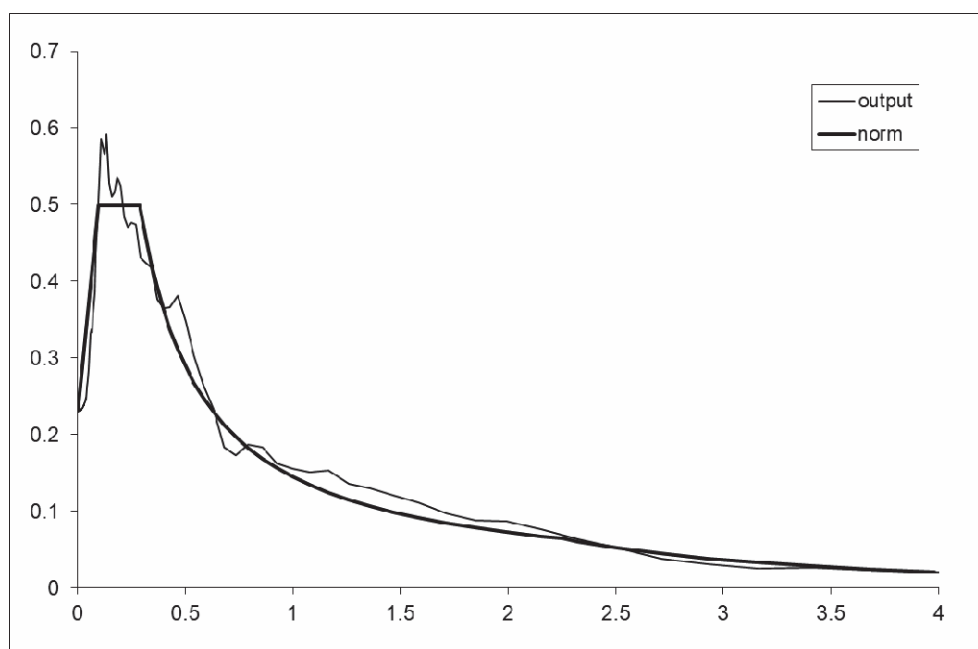
#### **Confronto spettri RSL e di normativa per SLV**

I parametri che definiscono lo spettro sono riassunti in Tab. 4.

parametri pericolosità sismica di base	ag	0.164 g
	F0	2.402 s
	T <sub>C</sub> *	0.298 s
parametri di output ricavati da RSL	amax	0.277 g
	SA per T <sub>B</sub> ≤ T < T <sub>C</sub> (plateau)	0.598 g
	S	1.406
	T <sub>B</sub>	0.097 s
	T <sub>C</sub>	0.290 s
	T <sub>D</sub>	2.256 s

*Tab. 4 – Parametri e punti spettrali per lo SLV*

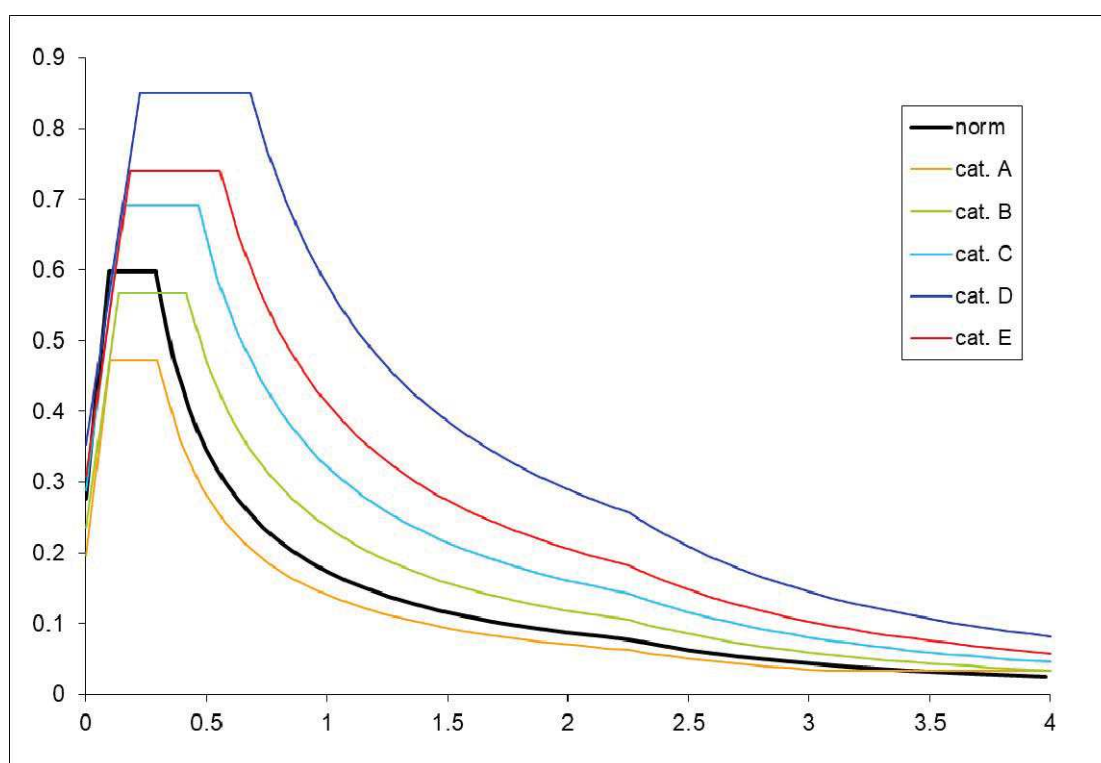
Lo spettro normalizzato ottenuto nelle condizioni di topografia piano parallela viene riportato in Fig.16:



**Fig. 16** – Spettro di risposta in accelerazione medio di output e relativo spettro normalizzato per lo SLV in condizioni piano parallele ( $ST = 1.0$ )

Al fine di effettuare una comparazione tra lo spettro ricavato dalla RSL e quelli di normativa connessi alla metodologia semplificata, sono stati quindi calcolati tutti gli spettri relativi alle Categorie di Sottosuolo A, B, C, D ed E per il sito in esame tramite Excel Spettri-NTC. Sia per lo spettro di RSL che per quelli di normativa è stato infine applicato un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1.2$  riferito alla Categoria Topografica T2 (pendio con inclinazione media maggiore di  $15^\circ$ ).

Come si evince dal grafico di Fig.17, lo spettro di RSL calcolato per il sito in esame relativamente allo stato limite di salvaguardia delle vite SLV, risulta di poco superiore a quello di Categoria B, salvo una minore estensione del tratto di flat.



**Fig. 17** – Confronto tra lo spettro di risposta in accelerazione medio di output normalizzato e quelli relativi alle Categorie di Sottosuolo di normativa per il sito in esame per un TR = 50 anni (SLD).

### ALTEZZA CRITICA DELLE SCARPATE DI SBANCAMENTO

Qualora si prevedesse l'esecuzione di sbancamenti per la realizzazione ad esempio di alcuni gradoni per la realizzazione delle terre armate, sarà di conseguenza indispensabile che le scarpate possiedano sufficienti requisiti circa la stabilità e la sicurezza. In primo luogo si sottolinea che buona parte del fronte di scavo risulterà impostata nei litotipi alterati del substrato geologico (Orizzonte B1), le cui caratteristiche geotecniche favoriranno la stabilità.

Pertanto l'altezza critica dei fronti di scavo è stata calcolata cautelativamente considerando una scarpata impostata nei terreni degli Orizzonti A1 e B1, con superficie di rottura circolare passante al piede della scarpata, in condizioni di estradosso orizzontale ed in assenza di filtrazione, ottenuta mediante la seguente relazione:

$$H_c = N_s \times \frac{C_u}{\gamma}$$

dove:

$N_s$  = fattore di stabilità funzione dell'angolo di attrito interno e di quello di scarpa (nel nostro caso si considera  $\beta = 90^\circ$  e  $70^\circ$ );

$C_u$  = coesione non drenata (cautelativamente ridotta di 1/3)

$\gamma$  = densità naturale del terreno.

All'altezza critica si applica un coefficiente di sicurezza  $F = 1.5$  per ottenere l'altezza ammissibile ( $H_a$ ) pari a:

	$\beta$	Hc	Ha
Orizzonte A1/B1	90°	3.5	<b>2,3</b>
Orizzonte A1/B1	70°	6.5	<b>4,3</b>

Tuttavia si sottolinea che i dati sopra indicati si riferiscono a verifiche a breve termine, in assenza di sovraccarichi e sollecitazioni sismiche, per cui in caso di apertura dei fronti di scavo per tempi lunghi (soprattutto in concomitanza di condizioni meteo sfavorevoli) sarà necessario adottare opportune misure di protezione e messa in sicurezza degli sbancamenti.

### DESCRIZIONE E CAUSE DEL DISSESTO

Il dissesto è costituito da un intenso fenomeno erosivo concentrato di tipo calanchivo a cui si associano forme di colamento dovute al trasporto di parte dei terreni argillosi lungo canali preferenziali. Il fenomeno è presente su due aree ben distinte di cui una, quella posta più ad Ovest, già oggetto d'intervento in passato attraverso la realizzazione di due briglie ed una vasca di decantazione.

Le cause principali del fenomeno sono dovute in primis alle elevate classi di pendenza che si registrano nell'area. Nella zona esaminata prevalgono, infatti, generalmente classi di pendenza dell'ordine di circa 30°, ma localmente si raggiungono anche acclività maggiori soprattutto in corrispondenza delle creste e delle sponde laterali degli impluvi; nella porzione di valle, solamente nel calanco con estensione areale maggiore, le pendenze tendono a diminuire sensibilmente con presenza di materiale argilloso trasportato dall'acqua.

Oltre all'acclività del pendio, la principale causa di innesco dell'erosione può essere individuata anche nelle abbondanti precipitazioni meteoriche: le acque che defluiscono lungo canali preferenziali determinano processi di erosione concentrata su litologie prevalentemente argillose con conseguente trasporto di materiale detritico argilloso verso valle. I processi erosivi di dilavamento possono favorire la mobilitazione e rotolamento verso valle di blocchi litoidi eterometrici

Riassumendo, per quanto concerne le cause dei fenomeni, queste non possono essere individuate con certezza in un unico elemento, ma sono piuttosto imputabile all'interazione di vari fattori, sia predisponenti che scatenanti:

- configurazione morfologica dell'area, caratterizzata da valori di acclività molto elevati;
- natura litologica dei terreni della zona contraddistinta da litofacies prevalentemente argillose che tendono a favorire in particolari condizioni, data anche l'acclività, lo scollamento della coltre detritica più superficiale e il ruscellamento superficiale;
- eventi meteorici di notevole intensità e/o durata;



- infiltrazione delle acque di origine meteorica nel sottosuolo, che contribuiscono al peggioramento dei parametri geotecnici dei terreni, in termini di coesione e angolo di attrito;
- assenza totale su tutto il versante della copertura vegetale a difesa dagli agenti atmosferici;

## **INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO**

Alla luce dello studio svolto, in relazione alla configurazione morfologica e stratigrafica dell'area di studio, alle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti, nonché all'estensione e alla tipologia del dissesto, si ritiene che per ridurre il grado di rischio sia necessaria l'azione combinata di vari interventi volti sia a difendere i fabbricati di civile abitazione ubicati a valle, sia a limitare l'attività del fenomeno erosivo.

Sulla base di quanto indicato nei capitoli precedenti, il quadro sintetico degli interventi idonei per il consolidamento del fenomeno erosivo di tipo calanchivo per le due aree potrebbero essere i seguenti:

### **calanco posto a Ovest superficie paria circa 15.000 mq oggetto d'intervento già in passato:**

1. riprofilatura del canale d'impluvio con geostuoie antierosive e drenati e pulizia dello stesso attualmente intasato da vegetazione e canneti;
2. pulizia, riprofilatura e ripristino di alcune palizzate esistenti;
3. realizzazione di una barriera paramassi posta poco sopra alle due briglie esistenti adeguatamente immorsata all'interno del substrato geologico di base;
4. rifacimento nella porzione terminale dell'impluvio del pozzetto di raccolta e ricollegamento tubazione esistente in calcestruzzo;
5. stabilizzazione di tutta la scarpata interessata dal fenomeno erosivo di tipo calanchivo attraverso la messa in opera di rete metallica chiodata, con eventuale rinverdimento dell'area al fine di contenere il dilavamento superficiale.

### **calanco posto a Est superficie circa 3700 mq**

1. riprofilatura e consolidamento dell'asse dell'impluvio attraverso la realizzazione ad esempio di terre armate e biosuoie antierosive;
2. rifacimento nella porzione terminale dell'impluvio del pozzetto di raccolta e ricollegamento tubazione esistente;

3. stabilizzazione di tutta la scarpata interessata dal fenomeno erosivo di tipo calanchivo attraverso la messa in opera di rete metallica chiodata, con rinverdimento dell'area al fine di contenere il dilavamento superficiale.

Al fine di salvaguardare i fabbricati presenti al di sotto del fenomeno erosivo di tipo calanchivo delle due vallecicole oggetto di studio, si consiglia ad esempio per il calanco ad estensione superficiale minore la realizzazione di alcuni gradoni rinforzati con la tecnica delle terre armate; al di sotto degli stessi, lungo la linea d'impluvio presente verrà effettuata una riprofilatura dell'impluvio e la messa in opera di geostuoie con funzione antierosiva e drenante e il rifacimento del pozzetto posto a valle dell'impluvio attraverso la realizzazione di fondazioni adeguatamente immorsate nei terreni consistenti. A completamento dell'intervento l'intera superficie interessata dal fenomeno erosivo sarà stabilizzata con una rete metallica chiodata con rinverdimento.

Per quanto concerne il calanco posto a Ovest in cui già in passato sono stati effettuati interventi di consolidamento attraverso la realizzazione di due briglie di una vasca di decantazione e di opere di ingegneria naturalistica del tipo palizzate, le operazioni potrebbero consistere nella realizzazione di una barriera paramassi fondata su micropali ubicata poco a monte delle briglie funzionale al contenimento dei blocchi che potrebbero distaccarsi dai versanti soprastanti. Per il tratto terminale in considerazione anche di interventi precedenti si ritiene opportuno la ripulitura dell'impluvio dalla vegetazione presente e la riprofilatura dello stesso, la messa in opera di geostuoie con funzione erosiva e drenante, il ripristino di alcune palizzate esistenti a difesa delle sponde dell'impluvio e il rifacimento del pozzetto di raccolta con ricollegamento della tubazione esistente,

Per la complessiva stabilizzazione del calanco sarebbe opportuno prevedere un intervento diffuso su tutte le scarpate coinvolte dal fenomeno erosivo mediante posa di rete metallica chiodata e rinverdimento.

Per tutte le opere è necessario prevedere periodici interventi di manutenzione che ne garantiscano l'integrità e l'efficienza nel tempo.

## **CONCLUSIONI**

Lo studio svolto ha consentito di individuare le cause che hanno dato luogo a fenomeni di dilavamento su due impluvi ubicati poco a monte di una porzione dell'abitato di Calderino frazione del Comune di Monte S. Pietro (BO). Il fenomeno erosivo di tipo calanchivo è stato causato principalmente dalla forte erosione concentrata dell'acqua che si incanala lungo vie preferenziali con conseguente dilavamento e colamento della coltre detritica più superficiale che confluisce verso valle a ridosso di alcune abitazioni presenti.

Per quanto riguarda gli interventi di consolidamento delle due vallecole, in considerazione delle caratteristiche del fenomeno calanchivo, della configurazione morfologica dell'area e della litologia dei terreni affioranti, si ritiene che per contrastare l'evoluzione del dissesto (con conseguente riduzione del grado di rischio), siano necessari diversi tipi di interventi mirati da un lato a difendere i fabbricati di civile abitazione ubicati a valle e potenzialmente coinvolti dal rischio, e dall'altro a ridurre le cause che hanno determinato il fenomeno erosivo delle vallecole oggetto di studio: realizzazione ad esempio di gradoni rinforzate con terre armate per il calanco con estensione areale minore e costruzione di barriera paramassi fondata su micropali immorsati nel substrato geologico per la vallecola a superficie maggiore associata alla riprofilatura di un tratto degli impluvi con messa in opera di geostuoie con funzione antierosiva e drenante, associata ad una stabilizzazione delle scarpate interessate dal fenomeno erosivo attraverso la realizzazione di una rete metallica chiodata e rinverdimento con tecniche ad esempio di idrosemina.

Lo Studio rimane a disposizione per qualsiasi chiarimento in riferimento al lavoro svolto.

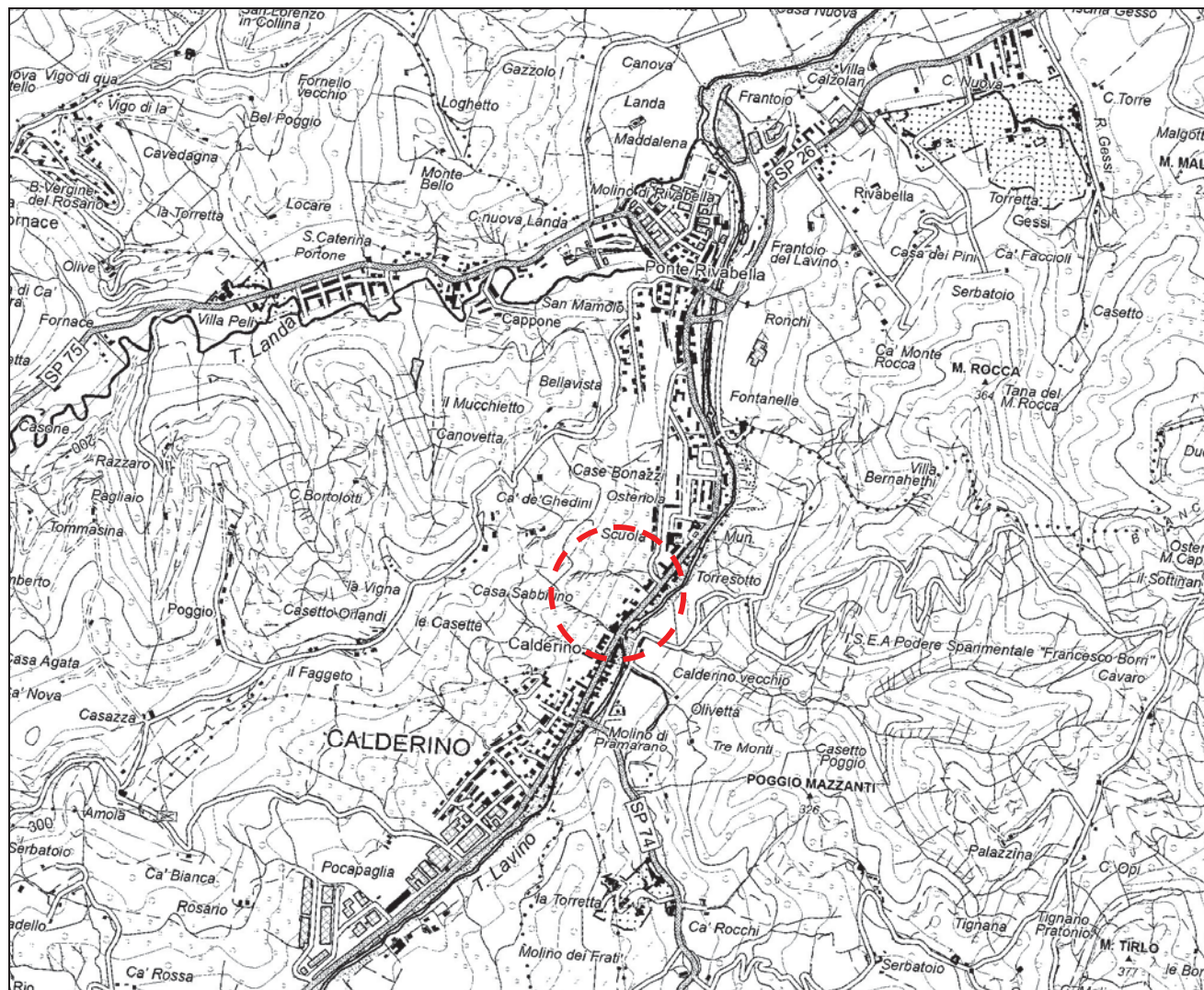
Urbino, febbraio 2019

Dott. Geologo Gerardo Marolda

Collaboratore Dott. Geologo Milena Mari

## COROGRAFIA

(scala 1:25.000)

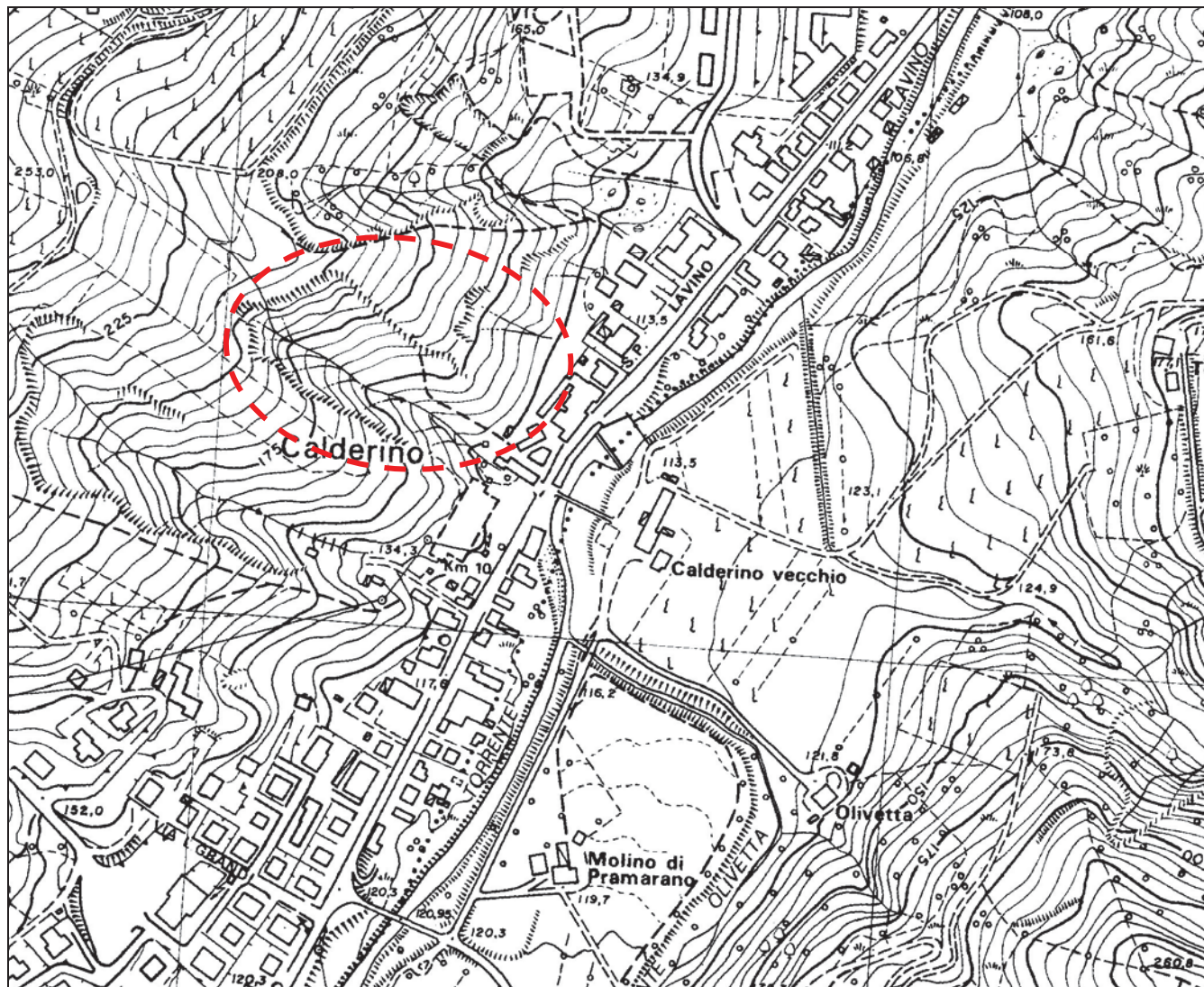


Stralcio dal Foglio 220 S.E. - "Bologna Sud Ovest"



## CARTA TECNICA REGIONALE

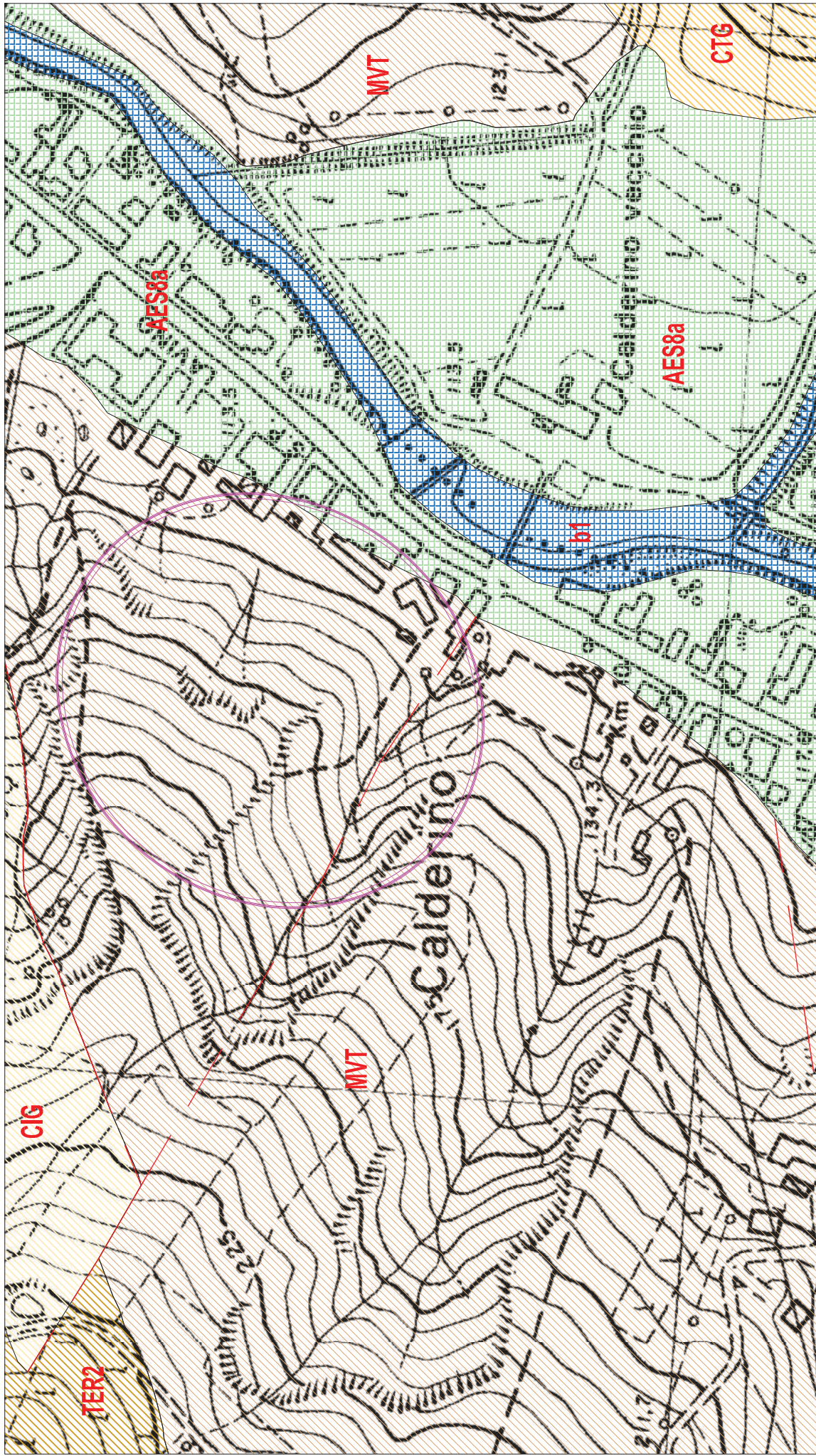
(Scala 1:10.000)



Stralcio dalla Sezione 220110 "Zola Predosa"

SCALA 1:10.000





Allegato:

CARTA GEOLOGICA

○ zona di indagine

b1: deposito alluvionale in evoluzione

AES8a: Unità di Modena (depositi alluvionali terrazzati)

CIG: Formazione di Cigarellino

CTG: Formazione di Contignaco

MVT: Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa

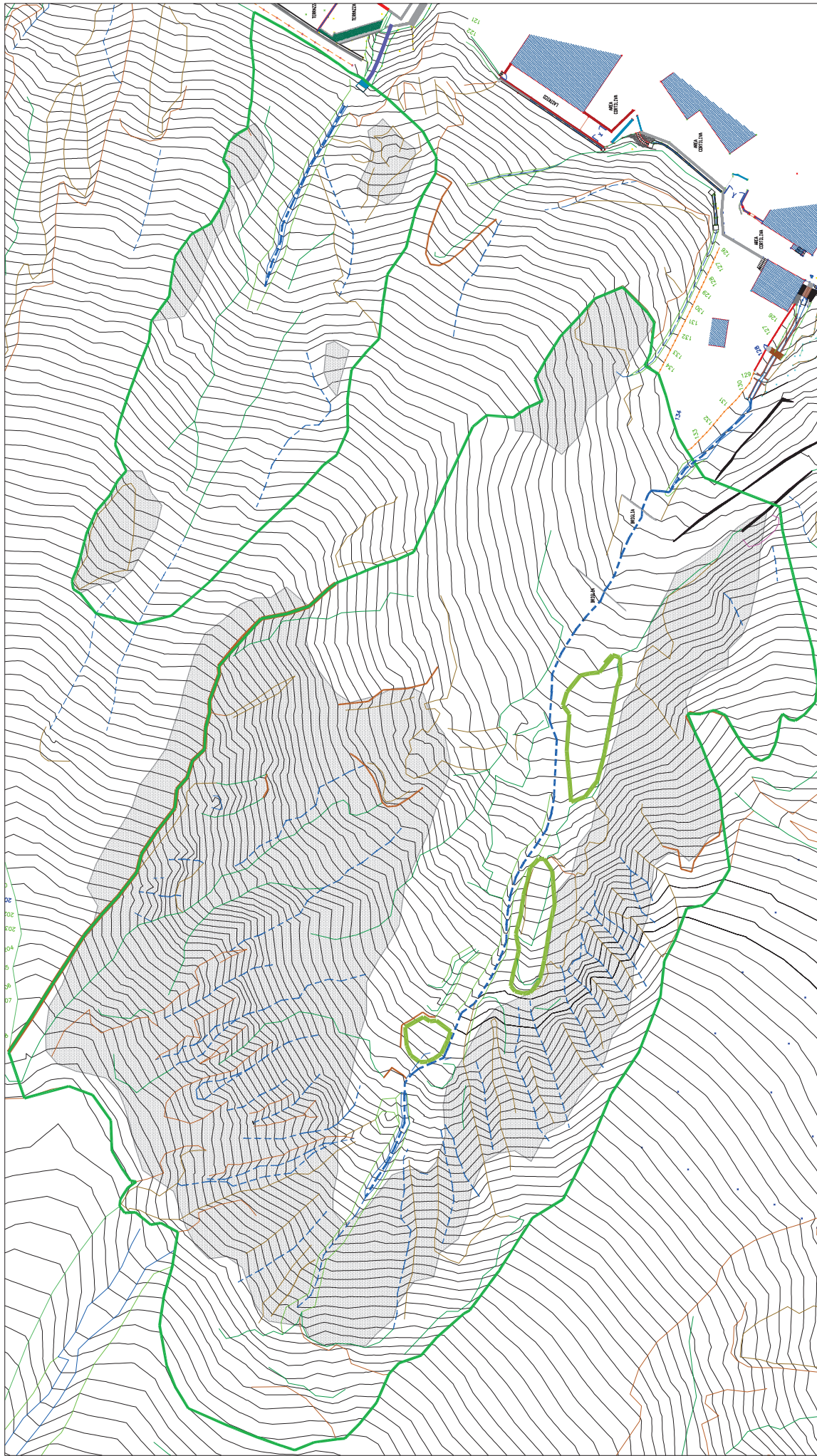
TER2: Formazione del Terma, membro di Monte Baranzone



Geologi Associati Milena Mari - Gerardo P.G. Marolda  
via Beato Mainardo Vescovo, 4 - 61029 Urbino (PU)  
geologi.ass@alice.it

scala 1:2.500





Allegato:

**CARTA GEOMORFOLOGICA**

zona di studio interessata da erosione e smottamenti



impluvio principale



impluvio/incisione



accumulo detritico



area denudata



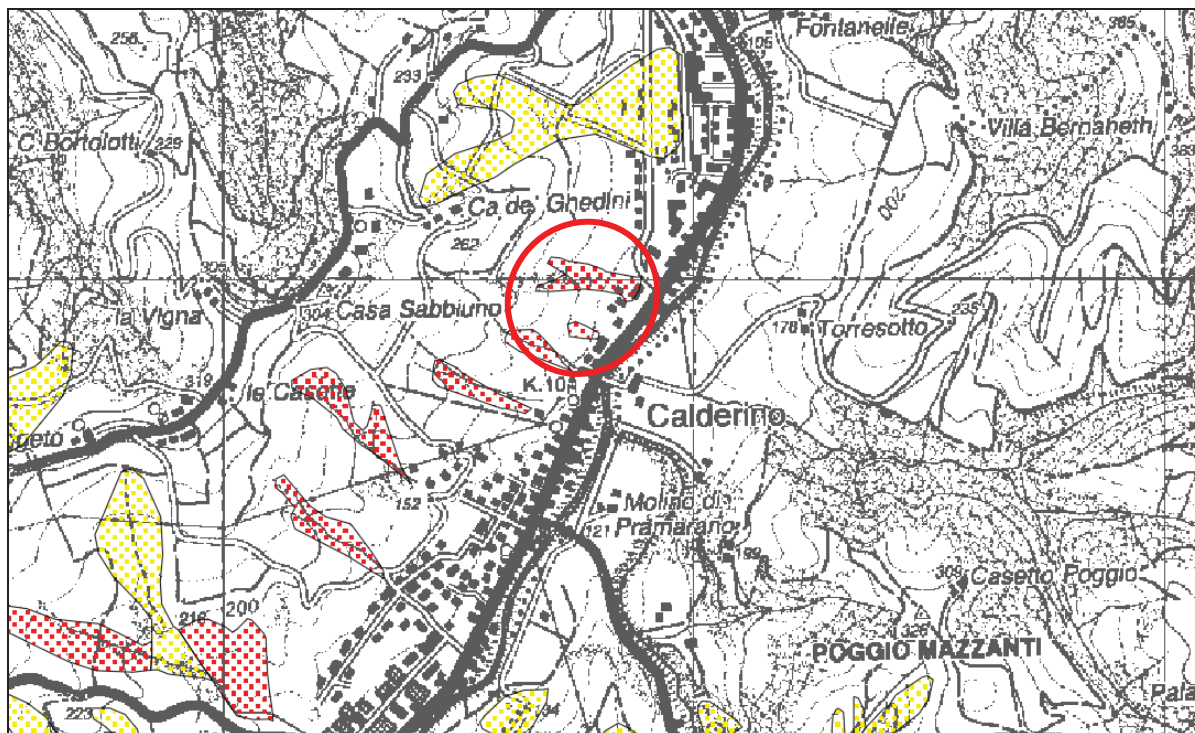
gradini, corone e discontinuità morfologiche



Geologi Associati Milena Mari - Gerardo P.G. Marolda  
 via Beato Mainardo Vescovo, 4 - 61029 Urbino (PU)  
 geologi.ass@alice.it

scala 1:1.000

**P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL TORRENTE SAMOGGIA**  
Autorità di Bacino del Reno




Fuori scala

Stralcio dalla Tavola "Carta del dissesto"

Legenda

**Frane\_Samoggia**

 a1 - frane attive

 a2 - frane quiescenti

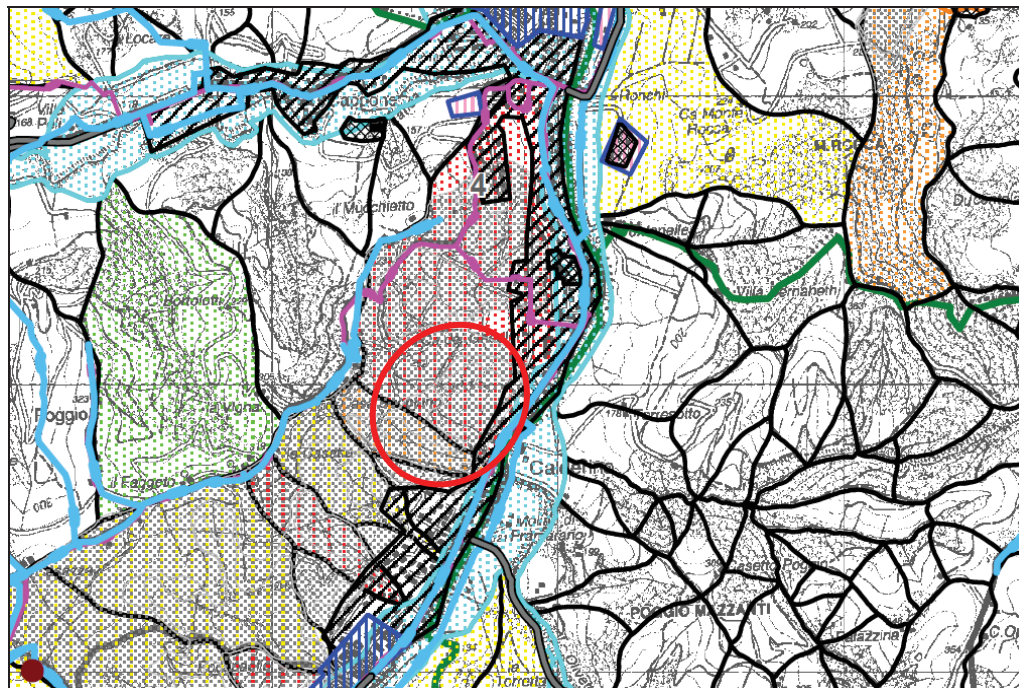
 limite bacino montano t. Samoggia

Dati forniti dal Servizio Geologico e Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna



## P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL TORRENTE SAMOGGIA

Autorità di Bacino del Reno  
Rischio da frana e assetto dei versanti



Fuori scala

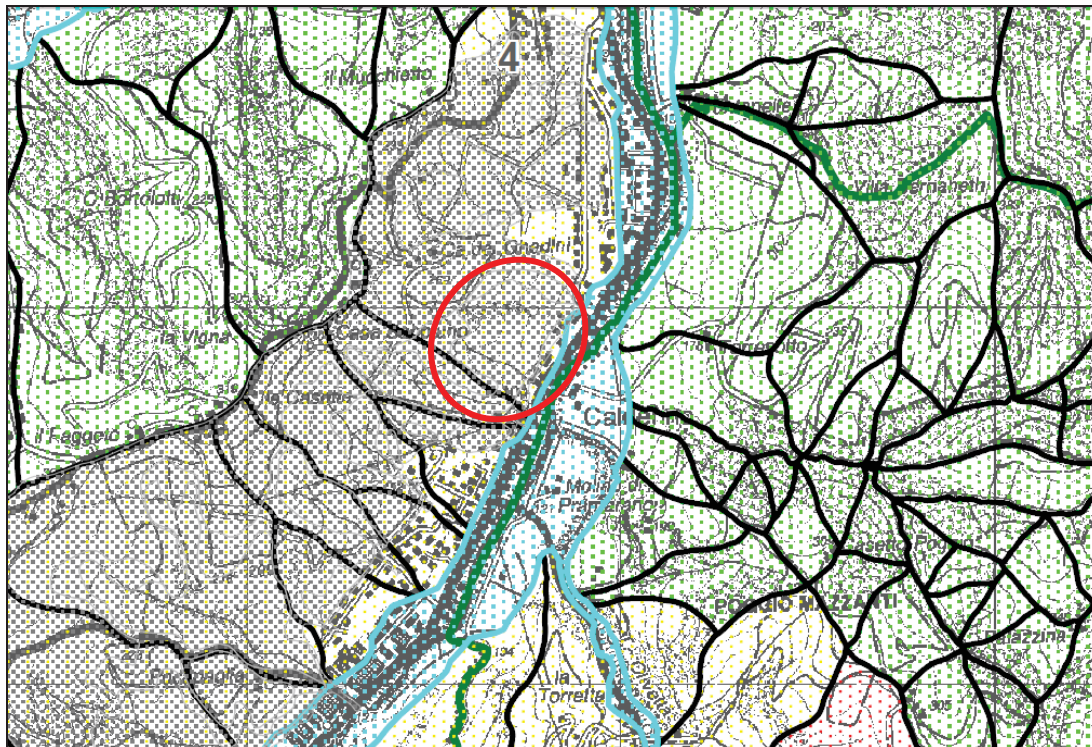
Stralcio dalla Tavola 1 "Carta del rischio nel territorio del bacino montano"

### LEGENDA

	R4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO (ART.11)	<b>ELEMENTI A RISCHIO</b>	
	R3 - RISCHIO ELEVATO (ART.11)	<b>INSEDIAMENTI URBANI</b>	
	R2 - RISCHIO MEDIO (ART.11)		CENTRO ABITATO
	R1 - RISCHIO MODERATO (ART.11)		NUCLEO ABITATO
	LIMITE DI UNITÀ IDROMORFOLOGICA ELEMENTARE (U.I.E)		INSEDIAMENTI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI
	TERRAZZI ALLUVIONALI		INSEDIAMENTI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI MINORI
	PERIMETRAZIONI AREE A RISCHIO R3 - R4 (ART. 5)		ALLEVAMENTI E TRASFORMAZIONE DI PRODOTTI AGRICOLI
	PERIMETRAZIONI AI SENSI DELL'ART. 29 DEL PTPR DELLA RER		PREVISIONI URBANISTICHE
	CONFINI COMUNALI		CIMITERI
			BENI ARCHITETTONICI VINCOLATI
			BENI ARCHITETTONICI MINORI
		<b>INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO</b>	
			STRADE STATALI
			STRADE STRATEGICHE
		<b>INFRASTRUTTURE DI SERVIZIO</b>	
			ACQUEDOTTI
			GASDOTTI
			RETE FOGNARIA

## P.A.I. - PIANO STRALCIO PER IL BACINO DEL TORRENTE SAMOGGIA









Autorità di Bacino del Reno  
Rischio da frana e assetto dei versanti



Fuori scala

Stralcio dalla Tavola 2 "Carta delle attitudini alle trasformazioni edilizio - urbanistiche nel territorio del bacino montano"

### LEGENDA

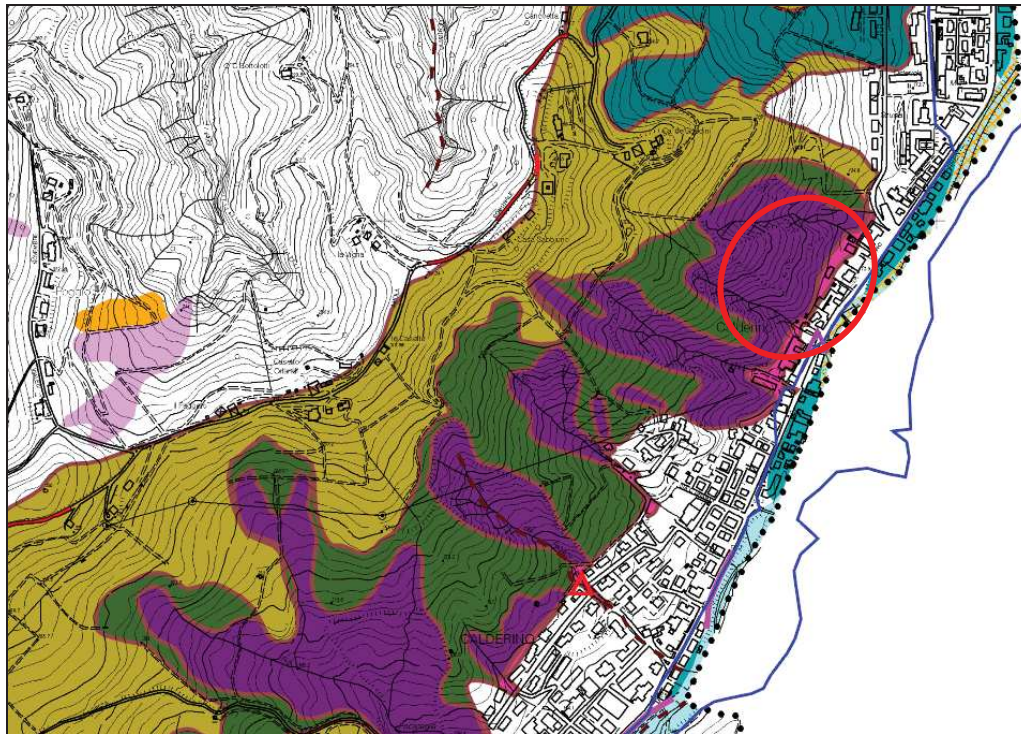
-  UNITÀ NON IDONEE AD USI URBANISTICI (ART.12)
-  UNITÀ DA SOTTOPORRE A VERIFICA (ART.12)
-  UNITÀ IDONEE O CON SCARSE LIMITAZIONI AD USI URBANISTICI (ART.12)
-  TERRAZZI ALLUVIONALI
-  Perimetrazioni Carta delle Attitudini alle trasformazioni edilizio-urbanistiche nel territorio del bacino montano
-  perimetrazioni aree a rischio R3 - R4 (art. 5)
-  perimetrazioni ai sensi dell'art. 29 del PTPR della Rer
-  CONFINI COMUNALI



PSC - PIANO STRUTTURALE DEI COMUNI DELL'AREA BAZZANESE

MP. B2.02a

CRITICITA' GEOLOGICHE



Fuori scala

**CRITICITA' IDRAULICHE**

- principali aste fluviali di pianura
- alveo attivo (fonte: PSAI Reno e PSAI Samoggia)

**PROCESSI EROSIVI E TRASPORTO SOLIDO**

- segnalazioni puntuali di erosione spondale (fonte: rilevamento GEOPROBE, 1999)
- erosione spondale attiva/potenziale
- erosione d'alveo attiva/potenziale
- trasporto solido potenziale molto elevato (reticolo minuto)
- trasporto solido potenziale elevato (reticolo minuto)
- trasporto solido potenziale (aste fluviali principali e minori)

**ESONDABILITA'**

**Criticità PSAI Reno e PSAI Samoggia (aggiornamento 2007):**

- aree con alta probabilità di inondazione (T.R. 25-30 anni)
- aree esondabili (T.R. 200 anni)
- possibilità di sormonto d'argine
- aree di potenziale allagamento

**Esondazione calcolata PSC Monteveglio 2004:**

- sormonto calcolato
- sormonto estrapolato
- tracce di percorsi probabili

**Allagamenti minori:**

- 1 ricorrenza (fonte: dati Prot. Civile rielaborati)

**PERICOLOSITA' DI VERSANTE**

**Segnalazione dissesti puntuali:**

- fonte: metadati R.E.R.
- fonte: metadati Autorità di Bacino Reno
- fonte: PSC Monteveglio 2004

**Zonizzazione PSAI Reno e PSAI Samoggia (aggiornamento 2007):**

- Zona 1 - Area in dissesto
- Zona 2 - Area di possibile evoluzione del dissesto
- Zona 3 - Area di possibile influenza del dissesto
- Zona 4 - Area da sottoporre a verifica
- Zona 5 - Area di influenza

**Pericolosità altri dissesti:**

- Elevata - Molto Elevata
- Alta
- Moderata
- Molto Bassa - Bassa
- zona di possibile evoluzione
- zona di possibile arrivo
- non classificati

**VULNERABILITA' BERSAGLI**

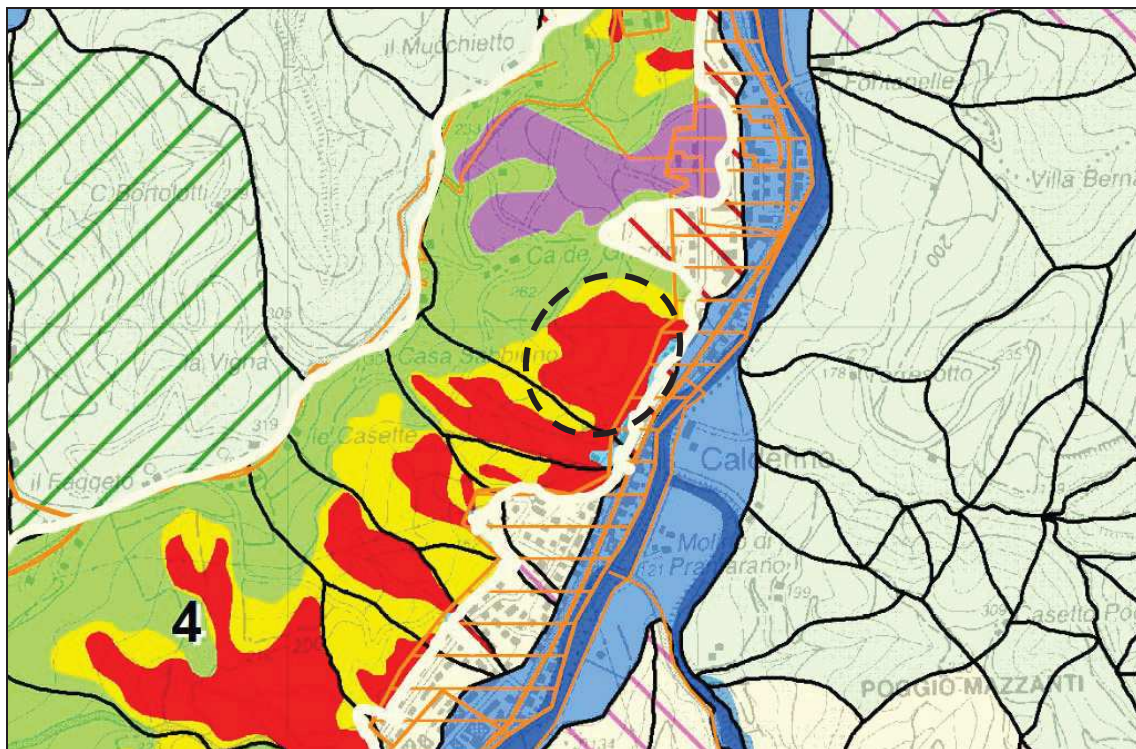
- edifici lesionati
- edifici in area di dissesto
- edifici in area di probabile evoluzione/arrivo del dissesto
- edifici in area di potenziale interferenza
- strada lesionata (fonte: rilevamento GEOPROBE, 1999)
- strada lesionata (fonte: rilevamento PSC Monteveglio 2004 e rilevamento 2009)
- strada lesionata (rilev. 1999 e 2009)
- Manufatti di difesa
- Manufatti di difesa lesionati

**SUBSIDENZA**

- isolinee (cm/anno)



**P.T.C.P. Piano territoriale di coordinamento Provincia di Bologna**



Fuori scala Foglio III

Tavola 2A Rischio da frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche

**Legenda**

- Perimetro dei bacini montani (artt.4.8, 6.9 e 6.10)
- Alvei attivi e invasi dei bacini idrici (art.4.2)
- Terrazzi alluvionali (artt.5.2, 5.3 e 6.9)

**Gestione delle acque meteoriche**

- Ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura (art.4.8)
- Ambito di controllo degli apporti d'acqua in collina zona A (art.4.8)
- Ambito di controllo degli apporti d'acqua in collina zona B (art.4.8)

**Rischio da frana e assetto dei versanti**

- Limiti delle Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.) Bacino del fiume Reno (art.6.1)
- Limiti delle Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.) Bacino del fiume Po (art.6.1)
- Perimetrazione degli abitati da consolidare o trasferire (artt.6.12 e 6.14)
  - 1 - Area in dissesto
  - 2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
  - 4 - Aree da sottoporre a verifica
  - 5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto
  - A - Zone a più elevata pericolosità
  - B - Zone di possibile ulteriore evoluzione dei fenomeni franosi
  - C - Zone individuate come frane antiche
  - NC - Zone non classificate secondo la Circolare Regionale

Aree sottoposte a perimetrazione e zonizzazione:

- n.** Aree a rischio di frana e n. di scheda (art.6.2)
- A n.** Ulteriori U.I.E. e n. di scheda (art.6.2)
- n. P** Aree del bacino del fiume Po e n. di scheda (art.6.2)

**Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate**

- zona 1 - area in dissesto (artt.6.3, 6.6, 6.7 e 6.14)
- zona 2 - area di possibile evoluzione del dissesto (artt.6.4, 6.6, 6.7 e 6.14)
- zona 3 - area di possibile influenza del dissesto (artt.6.4, 6.6, 6.7 e 6.14)
- zona 4 - area da sottoporre a verifica (artt.6.5, 6.6, 6.7 e 6.14)
- zona 5 - area di influenza sull'evoluzione del dissesto (artt.6.6, 6.7 e 6.14)

**Rischio da frana:**

- U.I.E. a rischio molto elevato - R4 (art.6.8)
- U.I.E. a rischio elevato - R3 (art.6.8)
- U.I.E. a rischio medio - R2 (art.6.8)
- U.I.E. a rischio moderato - R1 (art.6.8)

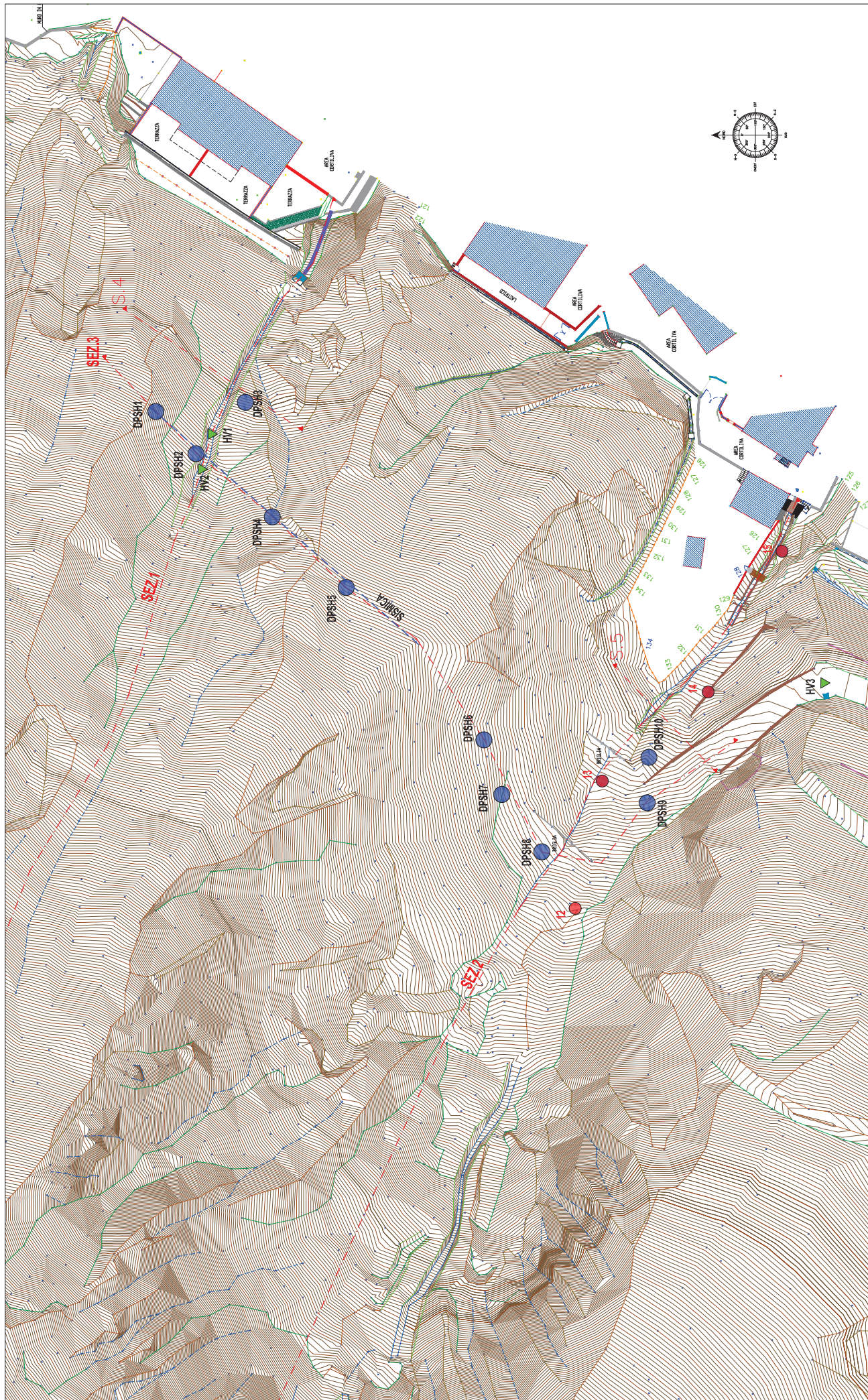
**Attitudini alle trasformazioni edilizie e urbanistiche:**

- U.I.E. non idonee ad usi urbanistici (art.6.9)
- U.I.E. da sottoporre a verifica (art.6.9)
- U.I.E. idonee o con scarse limitazioni ad usi urbanistici (art.6.9)

**Elementi a rischio (artt. 6.2 e 6.8)**

- Centri e nuclei abitati, insediamenti industriali e artigianali, allevamenti e trasformazione di prodotti agricoli, previsioni urbanistiche, impianti, beni architettonici, autostrade, strade statali e strategiche, ferrovie, acquedotti, gasdotti, rete fognaria, depuratori, discariche
- Confine provinciale (limite dell'ambito di applicazione delle politiche del PTCP)





Allegato:  
**PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI**

- DPSH, prova penetrometrica dinamica super-pesante
- P, prova penetrometrica dinamica media, progressa
- - - Stendimento sismico (tomografia sismica in onde P, MASW)
- ▲ HV, misura microtremori con tomografo digitale

Geologi Associati Milena Mari - Gerardo P.G. Maroldia  
 via Beato Meinardo Vescovo, 4 - 61029 Urbino (PU)  
 geologi.ass@alice.it



scala 1:600



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	2.00 - 2.20	32	205.9	----	3
0.20 - 0.40	2	14.9	----	1	2.20 - 2.40	32	205.9	----	3
0.40 - 0.60	14	104.3	----	1	2.40 - 2.60	18	115.8	----	3
0.60 - 0.80	14	104.3	----	1	2.60 - 2.80	14	90.1	----	3
0.80 - 1.00	13	89.8	----	2	2.80 - 3.00	11	66.3	----	4
1.00 - 1.20	26	179.5	----	2	3.00 - 3.20	16	96.4	----	4
1.20 - 1.40	17	117.4	----	2	3.20 - 3.40	23	138.6	----	4
1.40 - 1.60	12	82.9	----	2	3.40 - 3.60	15	90.4	----	4
1.60 - 1.80	12	82.9	----	2	3.60 - 3.80	14	84.3	----	4
1.80 - 2.00	9	57.9	----	3	3.80 - 4.00	41	232.2	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

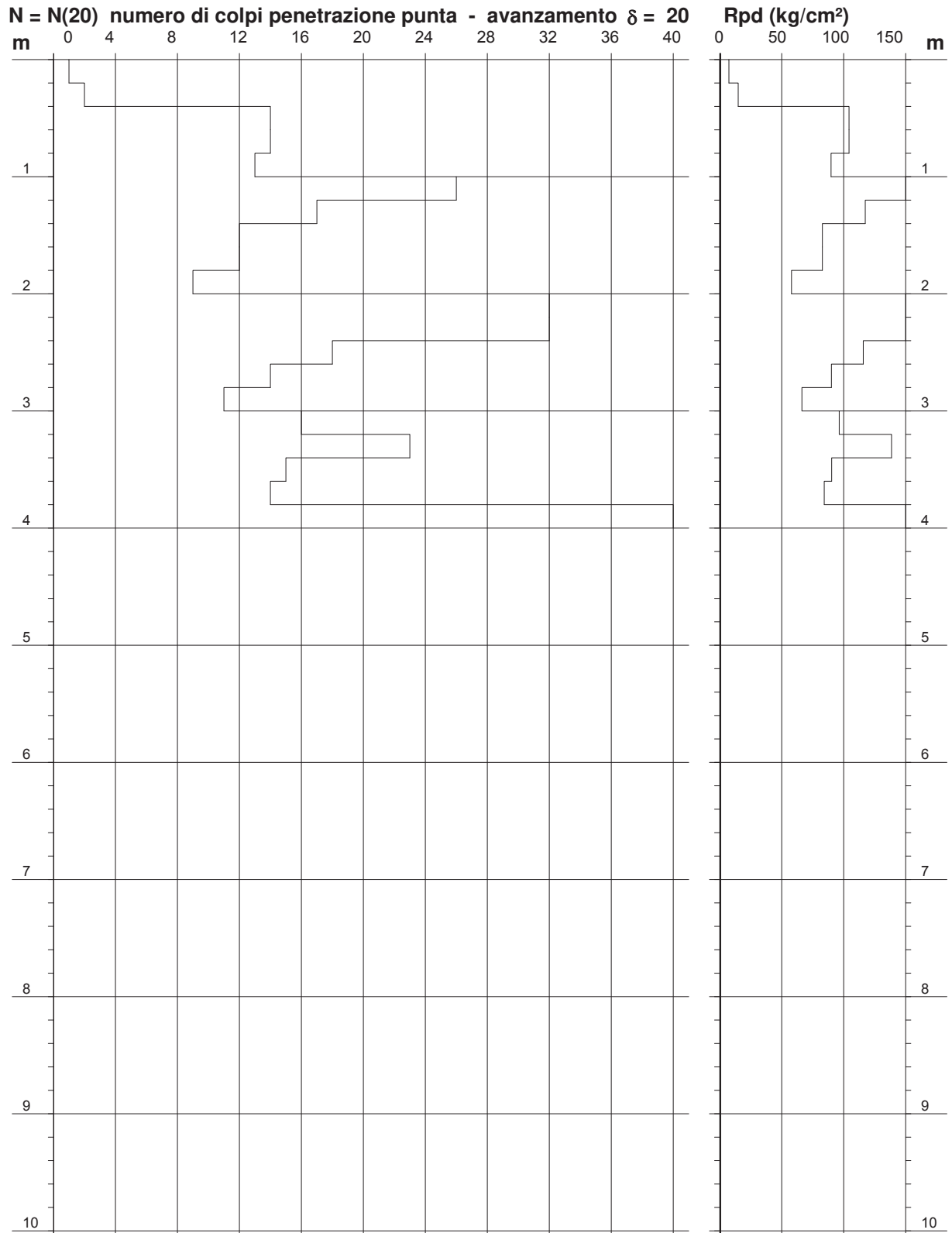
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	0.40	N	1.5	1	2	1.3	----	----	----	2	1.52	3
			Rpd	11.2	7	15	9.3	----	----	----			
2	0.40	3.80	N	17.2	9	32	13.1	7.0	10.2	24.1	17	1.52	26
			Rpd	112.5	58	206	85.2	44.9	67.6	157.4			
3	3.80	4.00	N	41.0	41	41	41.0	----	----	----	41	1.52	62
			Rpd	232.2	232	232	232.2	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.40	3.80		26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
3	3.80	4.00		62	89.5	42.8	669	2.18	1.89	3.88	2.53	04	0.112

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note .:

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	3.60 - 3.80	10	60.2	----	4
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	3.80 - 4.00	11	62.3	----	5
0.40 - 0.60	1	7.4	----	1	4.00 - 4.20	14	79.3	----	5
0.60 - 0.80	3	22.3	----	1	4.20 - 4.40	38	215.2	----	5
0.80 - 1.00	5	34.5	----	2	4.40 - 4.60	36	203.9	----	5
1.00 - 1.20	7	48.3	----	2	4.60 - 4.80	16	90.6	----	5
1.20 - 1.40	9	62.1	----	2	4.80 - 5.00	16	85.5	----	6
1.40 - 1.60	6	41.4	----	2	5.00 - 5.20	23	122.9	----	6
1.60 - 1.80	6	41.4	----	2	5.20 - 5.40	15	80.1	----	6
1.80 - 2.00	10	64.3	----	3	5.40 - 5.60	16	85.5	----	6
2.00 - 2.20	8	51.5	----	3	5.60 - 5.80	18	96.2	----	6
2.20 - 2.40	6	38.6	----	3	5.80 - 6.00	20	101.1	----	7
2.40 - 2.60	6	38.6	----	3	6.00 - 6.20	20	101.1	----	7
2.60 - 2.80	5	32.2	----	3	6.20 - 6.40	20	101.1	----	7
2.80 - 3.00	6	36.1	----	4	6.40 - 6.60	22	111.3	----	7
3.00 - 3.20	9	54.2	----	4	6.60 - 6.80	22	111.3	----	7
3.20 - 3.40	9	54.2	----	4	6.80 - 7.00	23	110.4	----	8
3.40 - 3.60	16	96.4	----	4	7.00 - 7.20	23	110.4	----	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



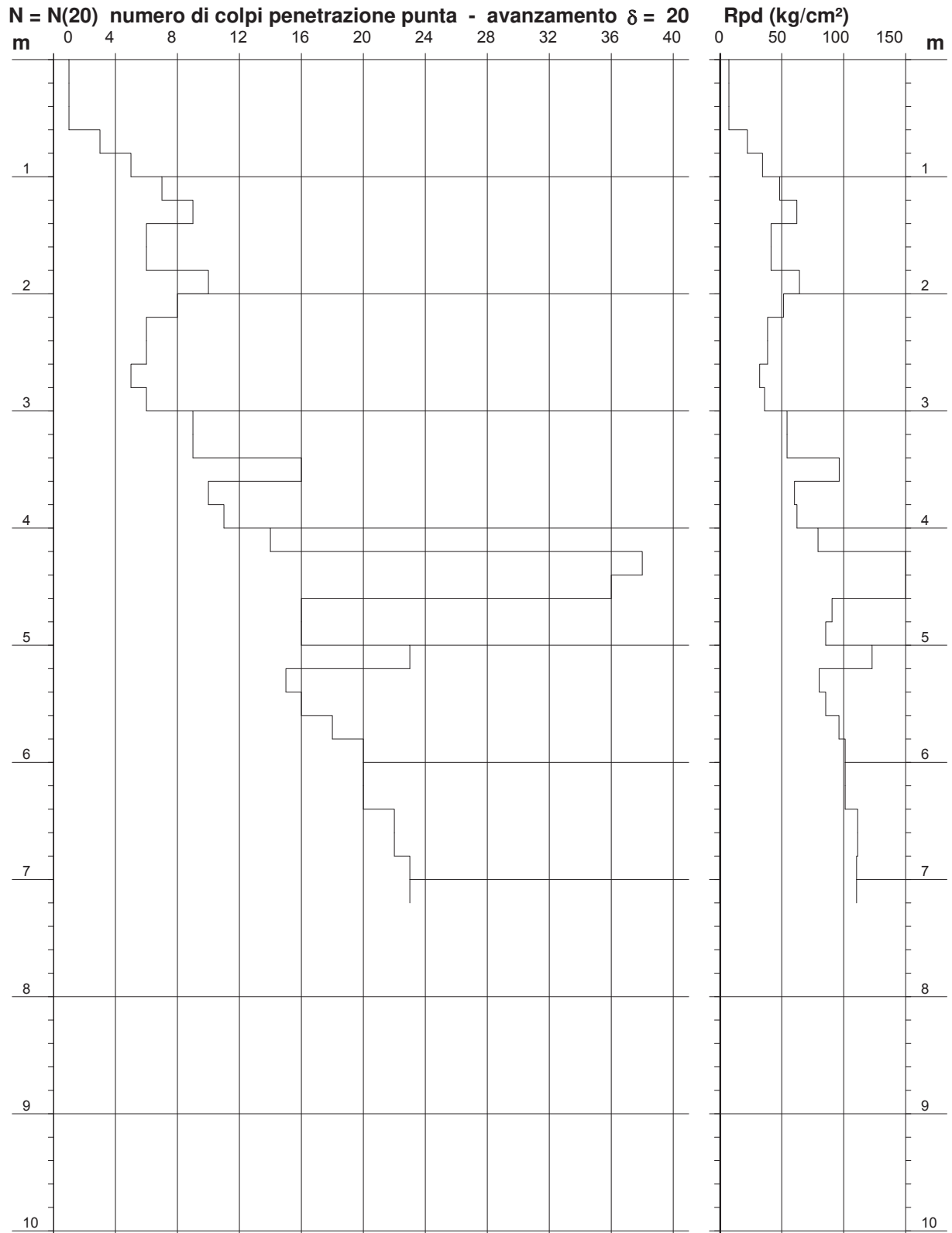
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.0	1	1	1.0	----	----	----	1	1.52	2
			Rpd	7.4	7	7	7.4	----	----	----			
2	0.60	4.00	N	7.8	3	16	5.4	3.0	4.7	10.8	8	1.52	12
			Rpd	49.3	22	96	35.8	17.2	32.2	66.5			
3	4.00	7.20	N	21.4	14	38	17.7	6.8	14.6	28.2	21	1.52	32
			Rpd	112.9	79	215	96.1	39.8	73.1	152.7			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	4.00		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	4.00	7.20		32	67.0	36.5	438	2.06	1.71	2.00	2.17	17	0.459

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note .:

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	3.80 - 4.00	10	56.6	----	5
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	4.00 - 4.20	11	62.3	----	5
0.40 - 0.60	3	22.3	----	1	4.20 - 4.40	12	68.0	----	5
0.60 - 0.80	10	74.5	----	1	4.40 - 4.60	12	68.0	----	5
0.80 - 1.00	7	48.3	----	2	4.60 - 4.80	13	73.6	----	5
1.00 - 1.20	7	48.3	----	2	4.80 - 5.00	12	64.1	----	6
1.20 - 1.40	6	41.4	----	2	5.00 - 5.20	16	85.5	----	6
1.40 - 1.60	6	41.4	----	2	5.20 - 5.40	18	96.2	----	6
1.60 - 1.80	5	34.5	----	2	5.40 - 5.60	16	85.5	----	6
1.80 - 2.00	6	38.6	----	3	5.60 - 5.80	18	96.2	----	6
2.00 - 2.20	7	45.0	----	3	5.80 - 6.00	20	101.1	----	7
2.20 - 2.40	8	51.5	----	3	6.00 - 6.20	21	106.2	----	7
2.40 - 2.60	15	96.5	----	3	6.20 - 6.40	20	101.1	----	7
2.60 - 2.80	10	64.3	----	3	6.40 - 6.60	23	116.3	----	7
2.80 - 3.00	8	48.2	----	4	6.60 - 6.80	22	111.3	----	7
3.00 - 3.20	7	42.2	----	4	6.80 - 7.00	24	115.2	----	8
3.20 - 3.40	7	42.2	----	4	7.00 - 7.20	24	115.2	----	8
3.40 - 3.60	9	54.2	----	4	7.20 - 7.40	26	124.8	----	8
3.60 - 3.80	10	60.2	----	4	7.40 - 7.60	25	120.0	----	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

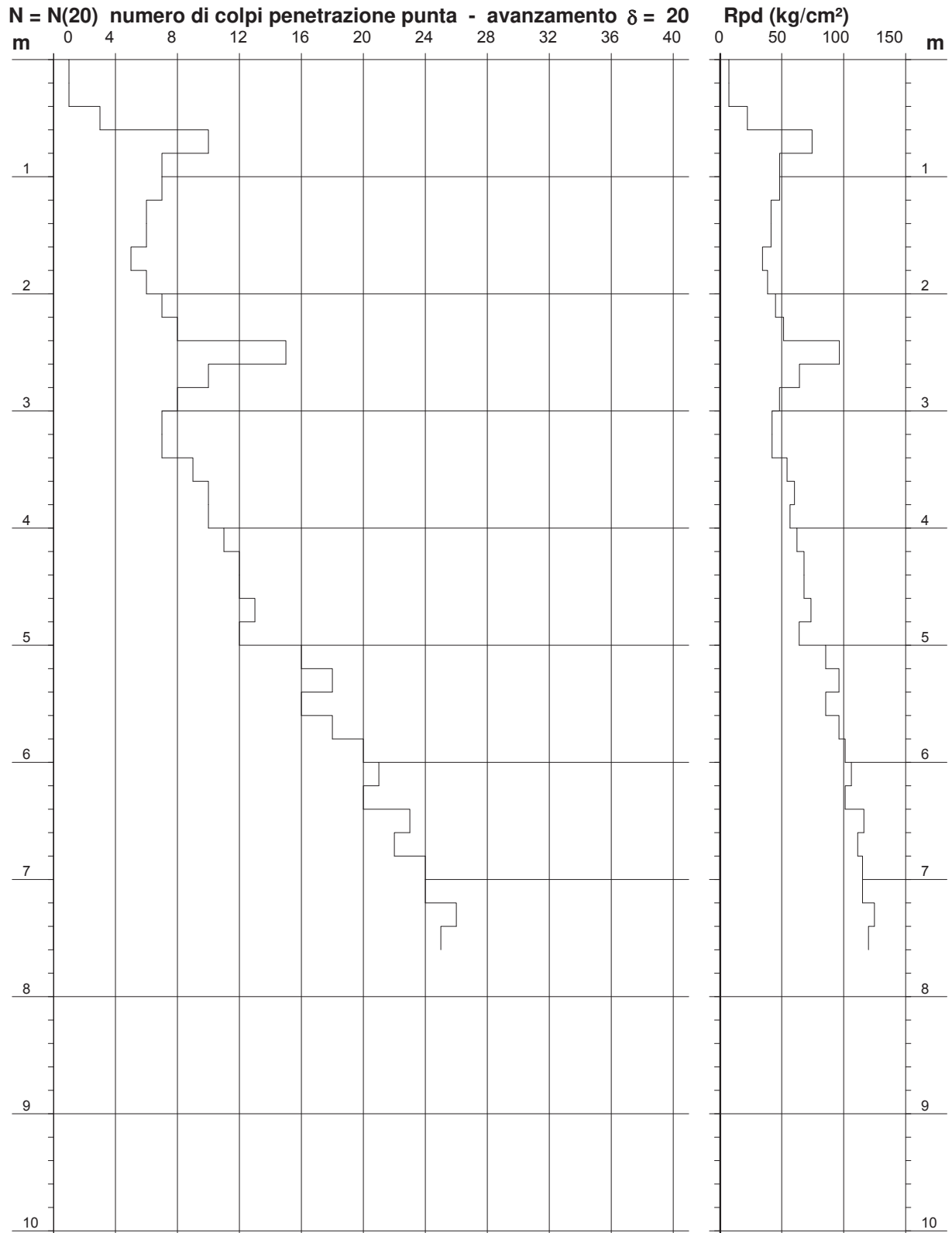
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.7	1	3	1.3	----	----	----	2	1.52	3
			Rpd	12.4	7	22	9.9	----	----	----			
2	0.60	3.60	N	7.9	5	15	6.4	2.4	5.4	10.3	8	1.52	12
			Rpd	51.4	35	97	43.0	16.1	35.3	67.5			
3	3.60	5.00	N	11.4	10	13	10.7	1.1	10.3	12.6	11	1.52	17
			Rpd	64.7	57	74	60.7	5.7	59.0	70.3			
4	5.00	7.60	N	21.0	16	26	18.5	3.3	17.7	24.3	21	1.52	32
			Rpd	105.7	86	125	95.6	12.7	93.0	118.4			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.60	3.60		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	3.60	5.00		17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729
4	5.00	7.60		32	67.0	36.5	438	2.06	1.71	2.00	2.17	17	0.459

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	3.20 - 3.40	8	48.2	----	4
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	3.40 - 3.60	8	48.2	----	4
0.40 - 0.60	3	22.3	----	1	3.60 - 3.80	12	72.3	----	4
0.60 - 0.80	5	37.2	----	1	3.80 - 4.00	11	62.3	----	5
0.80 - 1.00	5	34.5	----	2	4.00 - 4.20	11	62.3	----	5
1.00 - 1.20	5	34.5	----	2	4.20 - 4.40	12	68.0	----	5
1.20 - 1.40	5	34.5	----	2	4.40 - 4.60	14	79.3	----	5
1.40 - 1.60	5	34.5	----	2	4.60 - 4.80	15	84.9	----	5
1.60 - 1.80	5	34.5	----	2	4.80 - 5.00	13	69.5	----	6
1.80 - 2.00	6	38.6	----	3	5.00 - 5.20	14	74.8	----	6
2.00 - 2.20	6	38.6	----	3	5.20 - 5.40	14	74.8	----	6
2.20 - 2.40	10	64.3	----	3	5.40 - 5.60	16	85.5	----	6
2.40 - 2.60	9	57.9	----	3	5.60 - 5.80	20	106.9	----	6
2.60 - 2.80	7	45.0	----	3	5.80 - 6.00	32	161.8	----	7
2.80 - 3.00	8	48.2	----	4	6.00 - 6.20	41	207.3	----	7
3.00 - 3.20	8	48.2	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



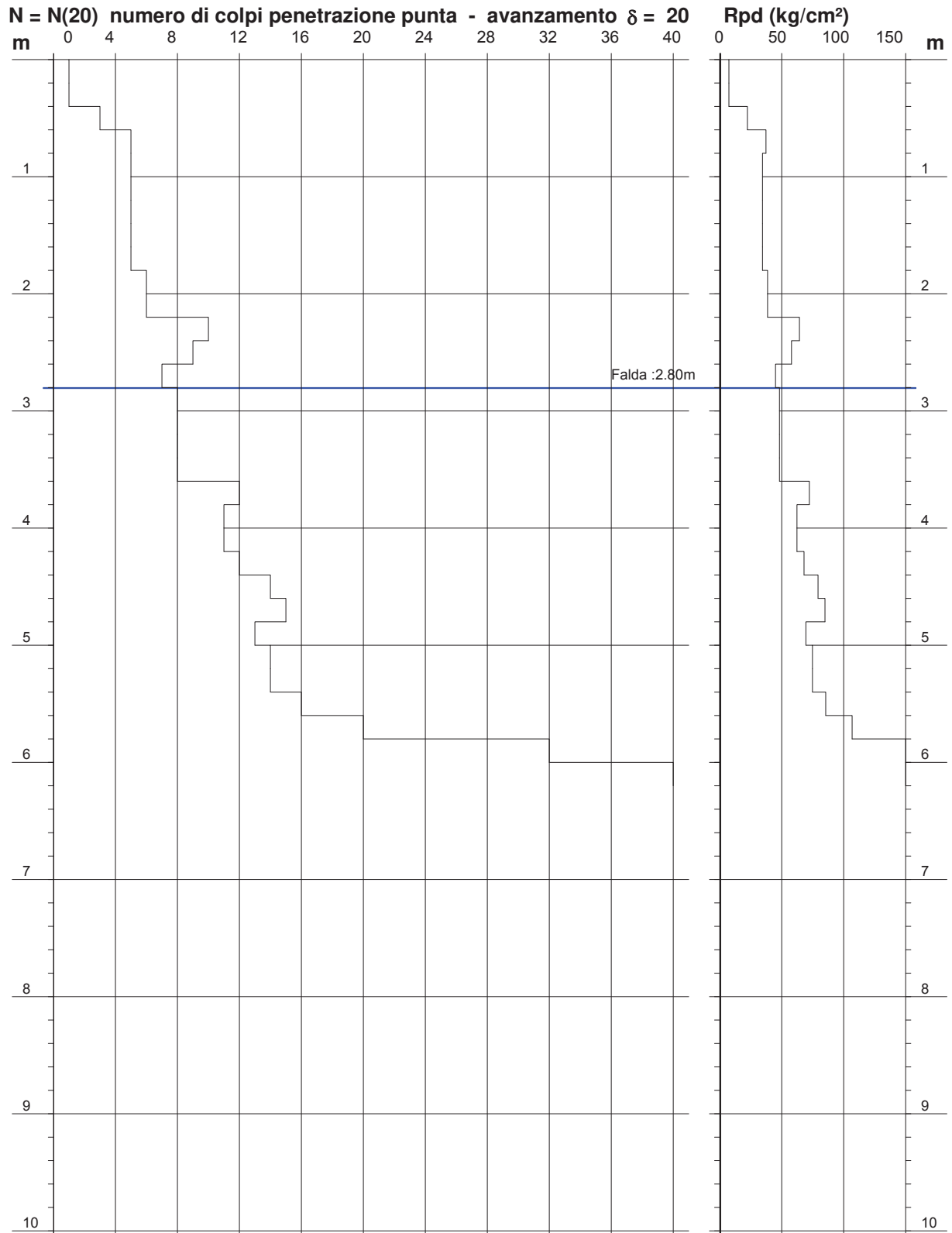
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.7	1	3	1.3	----	----	----	2	1.52	3
			Rpd	12.4	7	22	9.9	----	----	----			
2	0.60	3.60	N	6.7	5	10	5.8	1.7	4.9	8.4	7	1.52	11
			Rpd	43.1	35	64	38.8	9.3	33.8	52.5			
3	3.60	5.60	N	13.2	11	16	12.1	1.7	11.5	14.9	13	1.52	20
			Rpd	73.4	62	86	67.8	8.2	65.1	81.6			
4	5.60	6.20	N	31.0	20	41	25.5	----	----	----	31	1.52	47
			Rpd	158.7	107	207	132.8	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.60	3.60		11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
3	3.60	5.60		20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
4	5.60	6.20		47	82.0	40.3	554	2.14	1.82	2.94	2.35	10	0.262

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	3.20 - 3.40	9	54.2	----	4
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	3.40 - 3.60	10	60.2	----	4
0.40 - 0.60	1	7.4	----	1	3.60 - 3.80	10	60.2	----	4
0.60 - 0.80	4	29.8	----	1	3.80 - 4.00	9	51.0	----	5
0.80 - 1.00	4	27.6	----	2	4.00 - 4.20	8	45.3	----	5
1.00 - 1.20	4	27.6	----	2	4.20 - 4.40	8	45.3	----	5
1.20 - 1.40	7	48.3	----	2	4.40 - 4.60	9	51.0	----	5
1.40 - 1.60	5	34.5	----	2	4.60 - 4.80	10	56.6	----	5
1.60 - 1.80	7	48.3	----	2	4.80 - 5.00	10	53.4	----	6
1.80 - 2.00	6	38.6	----	3	5.00 - 5.20	11	58.8	----	6
2.00 - 2.20	7	45.0	----	3	5.20 - 5.40	11	58.8	----	6
2.20 - 2.40	8	51.5	----	3	5.40 - 5.60	11	58.8	----	6
2.40 - 2.60	7	45.0	----	3	5.60 - 5.80	10	53.4	----	6
2.60 - 2.80	9	57.9	----	3	5.80 - 6.00	10	50.6	----	7
2.80 - 3.00	10	60.2	----	4	6.00 - 6.20	16	80.9	----	7
3.00 - 3.20	9	54.2	----	4	6.20 - 6.40	41	207.3	----	7

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

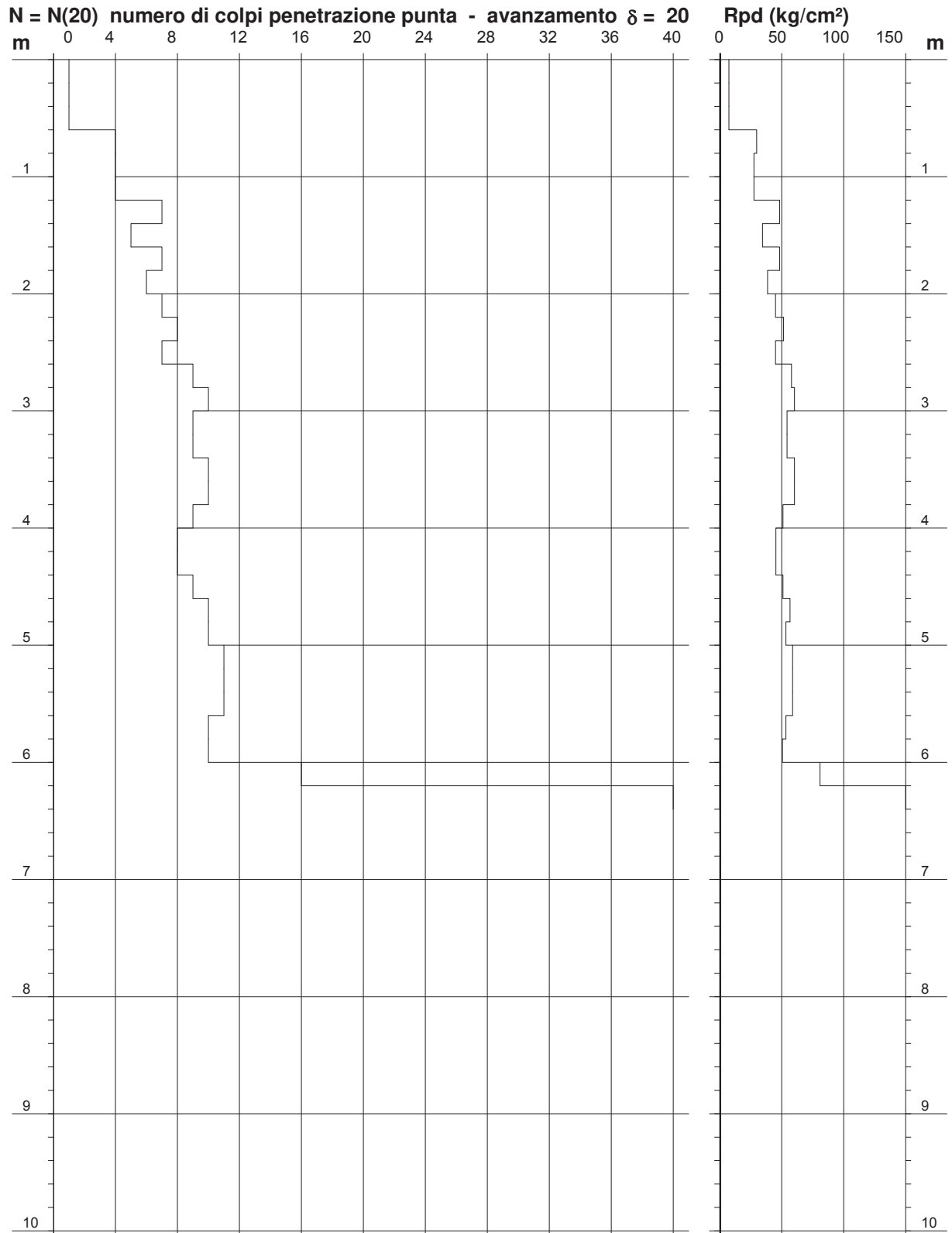
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 5

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.0	1	1	1.0	----	----	----	1	1.52	2
			Rpd	7.4	7	7	7.4	----	----	----			
2	0.60	2.60	N	5.9	4	8	5.0	1.5	4.4	7.4	6	1.52	9
			Rpd	39.6	28	52	33.6	9.2	30.4	48.8			
3	2.60	6.00	N	9.6	8	11	8.8	0.9	8.7	10.6	10	1.52	15
			Rpd	54.7	45	60	50.0	4.9	49.8	59.6			
4	6.00	6.40	N	28.5	16	41	22.3	----	----	----	28	1.52	43
			Rpd	144.1	81	207	112.5	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	2.60		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	2.60	6.00		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
4	6.00	6.40		43	78.0	39.3	523	2.11	1.79	2.69	2.30	12	0.309

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 6

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	1.80 - 2.00	10	64.3	----	3
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	2.00 - 2.20	12	77.2	----	3
0.40 - 0.60	2	14.9	----	1	2.20 - 2.40	17	109.4	----	3
0.60 - 0.80	6	44.7	----	1	2.40 - 2.60	15	96.5	----	3
0.80 - 1.00	44	303.8	----	2	2.60 - 2.80	15	96.5	----	3
1.00 - 1.20	20	138.1	----	2	2.80 - 3.00	14	84.3	----	4
1.20 - 1.40	13	89.8	----	2	3.00 - 3.20	16	96.4	----	4
1.40 - 1.60	11	75.9	----	2	3.20 - 3.40	41	247.0	----	4
1.60 - 1.80	10	69.0	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

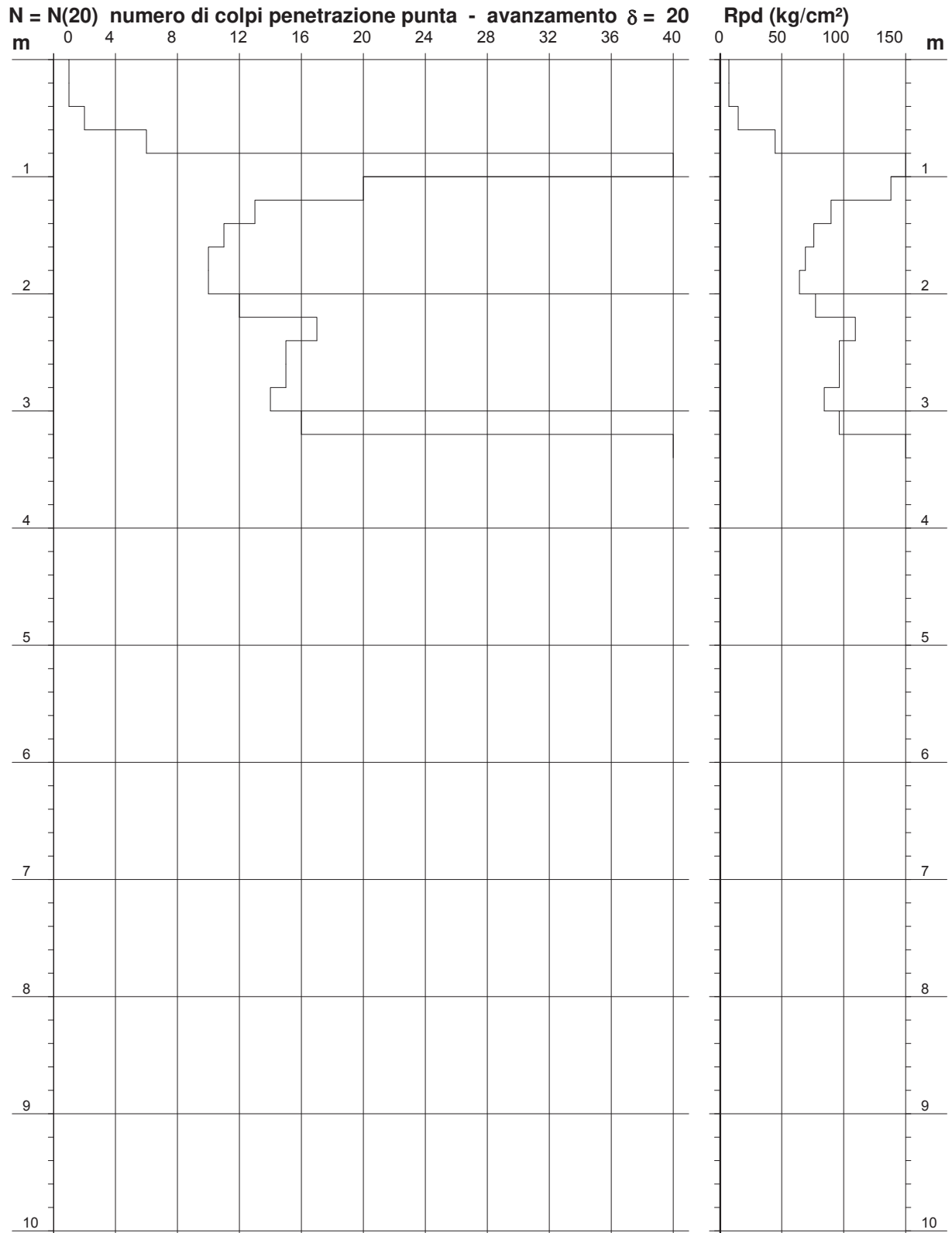
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 6

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.80	N	2.5	1	6	1.8	----	----	----	2	1.52	3
			Rpd	18.6	7	45	13.0	----	----	----			
2	0.80	2.00	N	18.0	10	44	14.0	13.3	4.7	31.3	18	1.52	27
			Rpd	123.5	64	304	93.9	92.3	31.2	215.8			
3	2.00	3.00	N	14.6	12	17	13.3	----	----	----	15	1.52	23
			Rpd	92.8	77	109	85.0	----	----	----			
4	3.00	3.40	N	28.5	16	41	22.3	----	----	----	28	1.52	43
			Rpd	171.7	96	247	134.0	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.80	2.00		27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	1.69	2.10	20	0.539
3	2.00	3.00		23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610
4	3.00	3.40		43	78.0	39.3	523	2.11	1.79	2.69	2.30	12	0.309

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 7

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	2.60 - 2.80	16	103.0	----	3
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	2.80 - 3.00	22	132.5	----	4
0.40 - 0.60	1	7.4	----	1	3.00 - 3.20	22	132.5	----	4
0.60 - 0.80	4	29.8	----	1	3.20 - 3.40	16	96.4	----	4
0.80 - 1.00	7	48.3	----	2	3.40 - 3.60	20	120.5	----	4
1.00 - 1.20	8	55.2	----	2	3.60 - 3.80	15	90.4	----	4
1.20 - 1.40	8	55.2	----	2	3.80 - 4.00	17	96.3	----	5
1.40 - 1.60	10	69.0	----	2	4.00 - 4.20	20	113.3	----	5
1.60 - 1.80	6	41.4	----	2	4.20 - 4.40	24	135.9	----	5
1.80 - 2.00	9	57.9	----	3	4.40 - 4.60	21	118.9	----	5
2.00 - 2.20	7	45.0	----	3	4.60 - 4.80	21	118.9	----	5
2.20 - 2.40	10	64.3	----	3	4.80 - 5.00	22	117.5	----	6
2.40 - 2.60	10	64.3	----	3					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

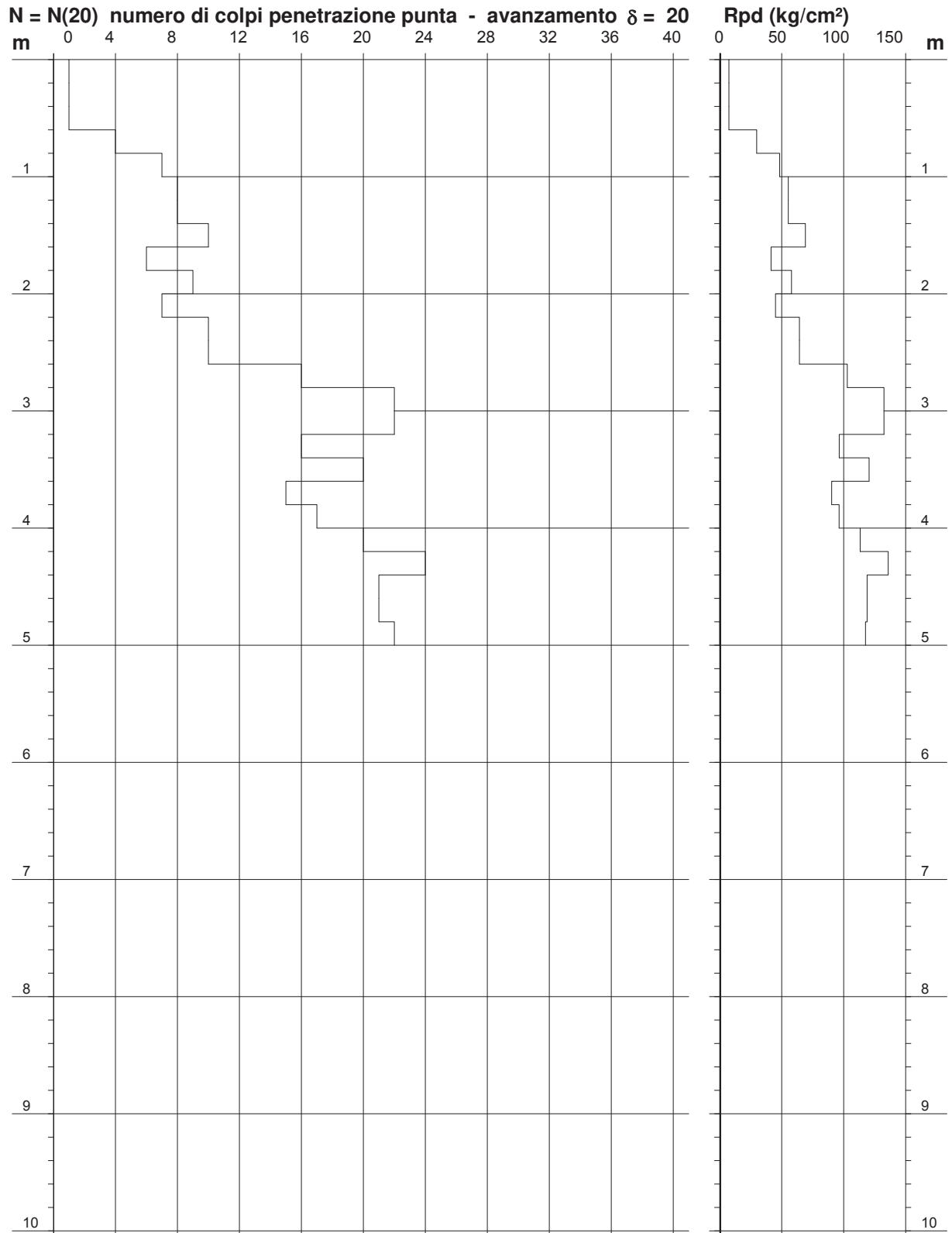
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 7

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.0	1	1	1.0	----	----	----	1	1.52	2
			Rpd	7.4	7	7	7.4	----	----	----			
2	0.60	2.60	N	7.9	4	10	6.0	2.0	5.9	9.9	8	1.52	12
			Rpd	53.1	30	69	41.4	12.0	41.0	65.1			
3	2.60	5.00	N	19.7	15	24	17.3	2.9	16.7	22.6	20	1.52	30
			Rpd	114.7	90	136	102.5	15.3	99.4	130.0			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	2.60		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	2.60	5.00		30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato

W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 8

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO).  
- note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	2.40 - 2.60	6	38.6	----	3
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	2.60 - 2.80	6	38.6	----	3
0.40 - 0.60	2	14.9	----	1	2.80 - 3.00	6	36.1	----	4
0.60 - 0.80	20	149.0	----	1	3.00 - 3.20	5	30.1	----	4
0.80 - 1.00	11	75.9	----	2	3.20 - 3.40	6	36.1	----	4
1.00 - 1.20	6	41.4	----	2	3.40 - 3.60	11	66.3	----	4
1.20 - 1.40	6	41.4	----	2	3.60 - 3.80	11	66.3	----	4
1.40 - 1.60	27	186.4	----	2	3.80 - 4.00	14	79.3	----	5
1.60 - 1.80	14	96.7	----	2	4.00 - 4.20	15	84.9	----	5
1.80 - 2.00	11	70.8	----	3	4.20 - 4.40	16	90.6	----	5
2.00 - 2.20	6	38.6	----	3	4.40 - 4.60	21	118.9	----	5
2.20 - 2.40	5	32.2	----	3	4.60 - 4.80	41	232.2	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

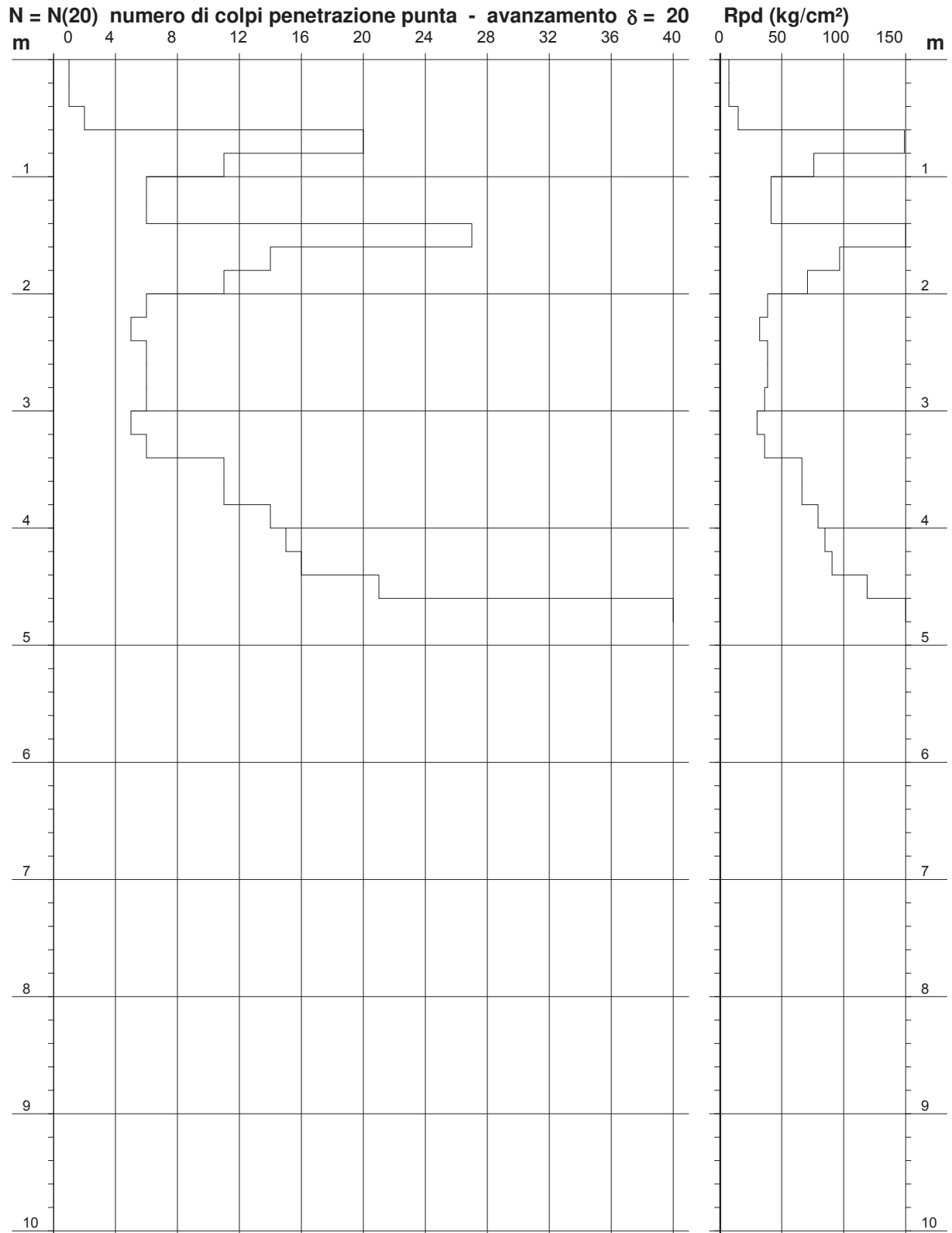
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 8

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 8

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note : Rimb.

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.3	1	2	1.2	----	----	----	1	1.52	2
			Rpd	9.9	7	15	8.7	----	----	----			
2	0.60	3.40	N	9.6	5	27	7.3	6.6	3.0	16.2	10	1.52	15
			Rpd	65.1	30	186	47.6	48.1	17.0	113.3			
3	3.40	4.40	N	13.4	11	16	12.2	----	----	----	13	1.52	20
			Rpd	77.5	66	91	71.9	----	----	----			
4	4.40	4.80	N	31.0	21	41	26.0	----	----	----	31	1.52	47
			Rpd	175.6	119	232	147.2	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	3.40		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
3	3.40	4.40		20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
4	4.40	4.80		47	82.0	40.3	554	2.14	1.82	2.94	2.35	10	0.262

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 9

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO)  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	3.20 - 3.40	4	24.1	----	4
0.20 - 0.40	2	14.9	----	1	3.40 - 3.60	5	30.1	----	4
0.40 - 0.60	5	37.2	----	1	3.60 - 3.80	9	54.2	----	4
0.60 - 0.80	3	22.3	----	1	3.80 - 4.00	7	39.6	----	5
0.80 - 1.00	2	13.8	----	2	4.00 - 4.20	9	51.0	----	5
1.00 - 1.20	2	13.8	----	2	4.20 - 4.40	14	79.3	----	5
1.20 - 1.40	3	20.7	----	2	4.40 - 4.60	13	73.6	----	5
1.40 - 1.60	2	13.8	----	2	4.60 - 4.80	13	73.6	----	5
1.60 - 1.80	3	20.7	----	2	4.80 - 5.00	14	74.8	----	6
1.80 - 2.00	7	45.0	----	3	5.00 - 5.20	14	74.8	----	6
2.00 - 2.20	8	51.5	----	3	5.20 - 5.40	18	96.2	----	6
2.20 - 2.40	8	51.5	----	3	5.40 - 5.60	18	96.2	----	6
2.40 - 2.60	4	25.7	----	3	5.60 - 5.80	20	106.9	----	6
2.60 - 2.80	5	32.2	----	3	5.80 - 6.00	20	101.1	----	7
2.80 - 3.00	5	30.1	----	4	6.00 - 6.20	21	106.2	----	7
3.00 - 3.20	4	24.1	----	4					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

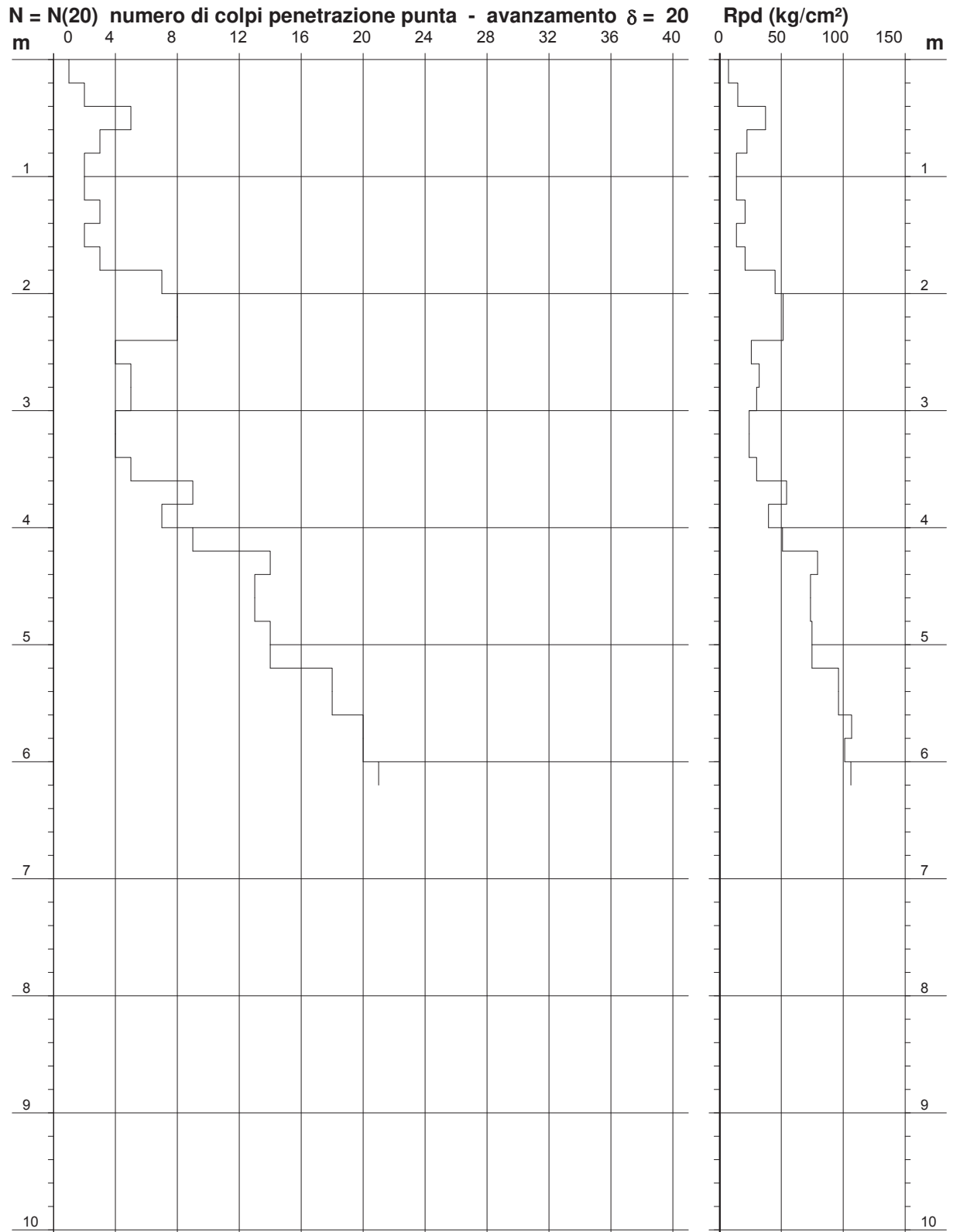
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 9

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 9

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00	1.80	N	2.6	1	5	1.8	1.1	1.4	3.7	3	1.52	5
			Rpd	18.3	7	37	12.9	8.5	9.8	26.8			
2	1.80	4.00	N	6.0	4	9	5.0	1.8	4.2	7.8	6	1.52	9
			Rpd	37.1	24	54	30.6	11.7	25.4	48.8			
3	4.00	5.20	N	12.8	9	14	10.9	1.9	10.9	14.8	13	1.52	20
			Rpd	71.2	51	79	61.1	10.1	61.1	81.3			
4	5.20	6.20	N	19.4	18	21	18.7	----	----	----	19	1.52	29
			Rpd	101.3	96	107	98.7	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.80		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	1.80	4.00		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	4.00	5.20		20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667
4	5.20	6.20		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 10

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Calderino, (BO)  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.20	1	7.4	----	1	2.80 - 3.00	3	18.1	----	4
0.20 - 0.40	1	7.4	----	1	3.00 - 3.20	4	24.1	----	4
0.40 - 0.60	1	7.4	----	1	3.20 - 3.40	35	210.8	----	4
0.60 - 0.80	1	7.4	----	1	3.40 - 3.60	25	150.6	----	4
0.80 - 1.00	1	6.9	----	2	3.60 - 3.80	7	42.2	----	4
1.00 - 1.20	2	13.8	----	2	3.80 - 4.00	10	56.6	----	5
1.20 - 1.40	2	13.8	----	2	4.00 - 4.20	17	96.3	----	5
1.40 - 1.60	2	13.8	----	2	4.20 - 4.40	16	90.6	----	5
1.60 - 1.80	3	20.7	----	2	4.40 - 4.60	17	96.3	----	5
1.80 - 2.00	2	12.9	----	3	4.60 - 4.80	18	101.9	----	5
2.00 - 2.20	3	19.3	----	3	4.80 - 5.00	20	106.9	----	6
2.20 - 2.40	3	19.3	----	3	5.00 - 5.20	23	122.9	----	6
2.40 - 2.60	6	38.6	----	3	5.20 - 5.40	24	128.2	----	6
2.60 - 2.80	2	12.9	----	3	5.40 - 5.60	26	138.9	----	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente)= **63.50** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **50.50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



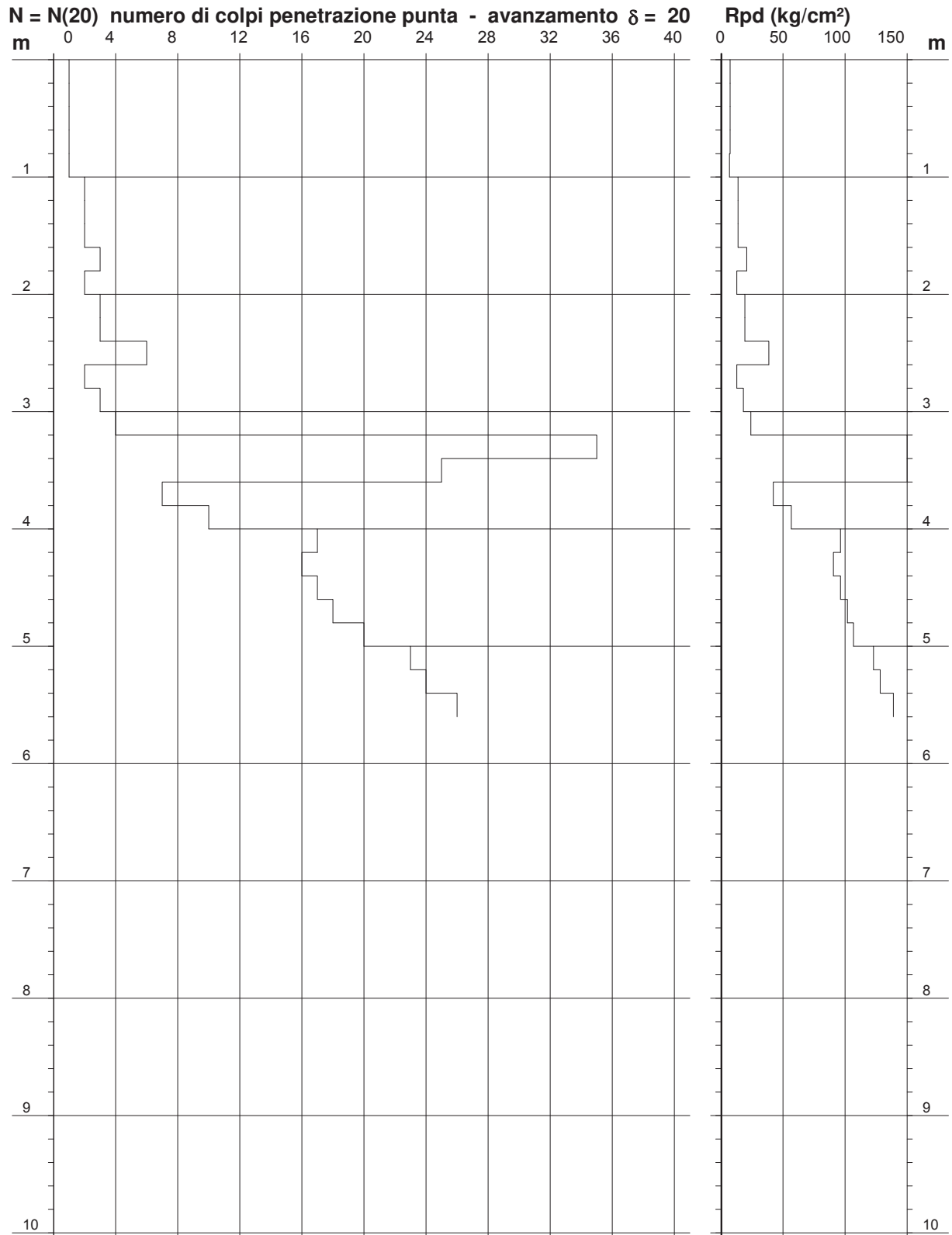
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 10

Scala 1: 50

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
- lavoro :  
- località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
- note :

- data : 30/11/2018  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 10

- committente : Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
 - lavoro :  
 - località : Via Lavino, Zola Predosa, (BO).  
 - note :

- data : 30/11/2018  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	1.00	N	1.0	1	1	1.0	----	----	----	1	1.52	2
			Rpd	7.3	7	7	7.1	----	----	----			
2	1.00	3.20	N	2.9	2	6	2.5	1.2	1.7	4.1	3	1.52	5
			Rpd	18.8	13	39	15.9	7.6	11.3	26.4			
3	3.20	4.00	N	19.3	7	35	13.1	----	----	----	19	1.52	29
			Rpd	115.1	42	211	78.6	----	----	----			
4	4.00	5.00	N	17.6	16	20	16.8	----	----	----	18	1.52	27
			Rpd	98.4	91	107	94.5	----	----	----			
5	5.00	5.60	N	24.3	23	26	23.7	----	----	----	24	1.52	37
			Rpd	130.0	123	139	126.5	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.00		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	1.00	3.20		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.20	4.00		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
4	4.00	5.00		27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	1.69	2.10	20	0.539
5	5.00	5.60		37	72.0	37.8	477	2.09	1.74	2.31	2.23	14	0.387

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>MARI - MAROLDA Studio Associato</b>	SONDAGGIO	<b>P 2</b>
CANTIERE	<b>CALDERINO, VIA LARINO</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>MONTE SAN PIETRO (BO)</b>	PROF. Da m	<b>0,70</b>
RIF.	<b>G18-219</b>	a m.	<b>1,00</b>
Data ricevimento Campione	03.12.2018	Numero di accettazione	365/18
Data esecuzione Prova	05.12.2018	Procedura operativa	IST 06.11

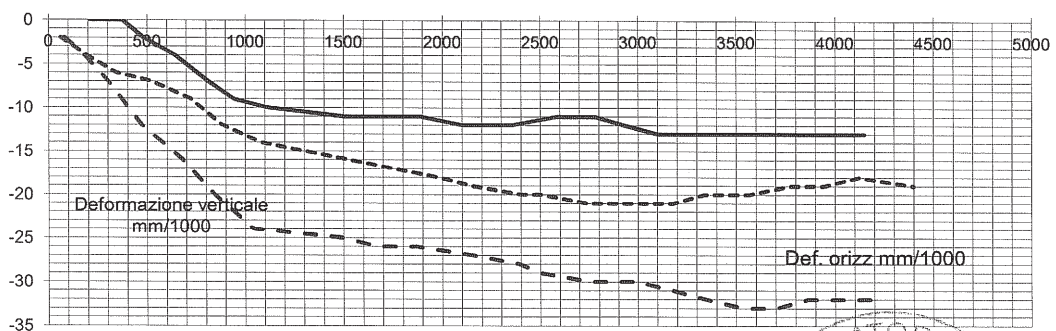
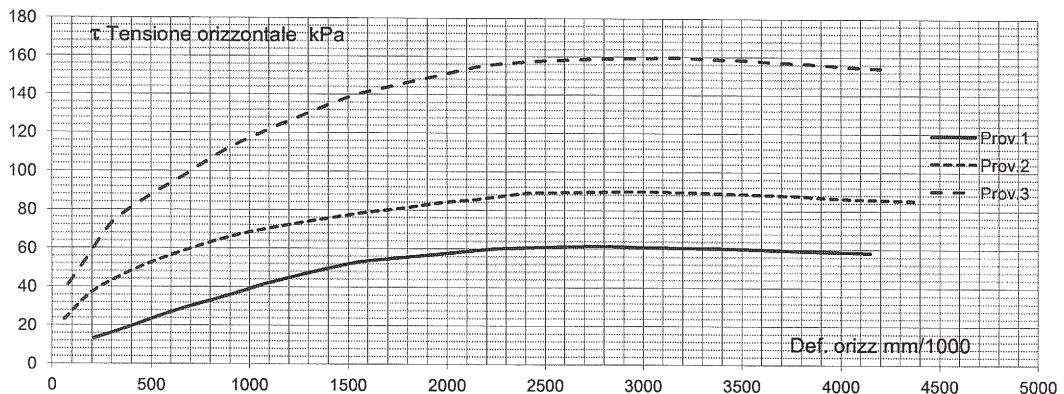
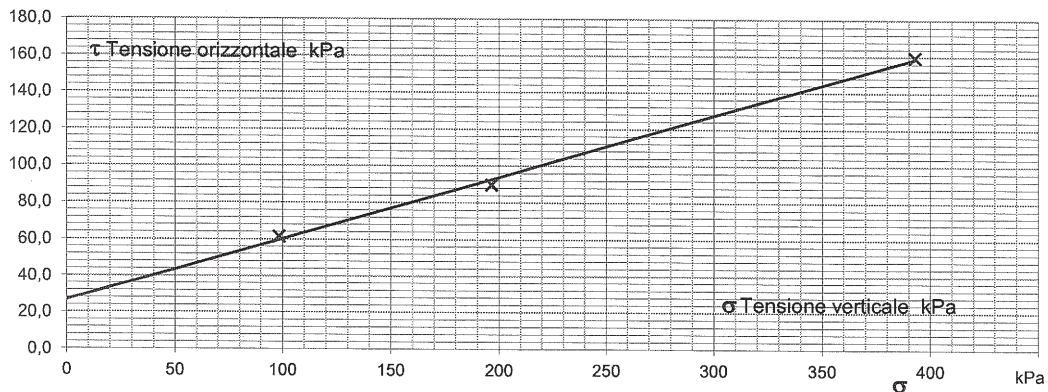
### PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO $\tau-\sigma$	$C' =$ (kPa)	<b>26,7</b>
Regressione Lineare	$\phi' =$ (°)	<b>18,6</b>

Scelta valori manuale SI/NO: NO

Sforzo a rottura	62	90	160
Deformazione a rottura	4,633	4,933	5,3



Certificato n. 365/18.1

Data cert. 14.12.2018

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio

Lo Sperimentatore Autorizzato IL Direttore  
Dott. Stefano Ronchi Dott. Marino Mularoni  
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti





LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>MARI - MAROLDA Studio Associato</b>	SONDAGGIO	<b>P 2</b>
CANTIERE	<b>CALDERINO, VIA LARINO</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>MONTE SAN PIETRO (BO)</b>	PROF. Da m	<b>0,70</b>
RIF.	<b>G18-219</b>	a m.	<b>1,00</b>
Data ricevimento Campione	03.12.2018	Numero di accettazione	365/18
Data esecuzione Prova	05.12.2018	Procedura operativa	IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)**

PROVINI ( Inizio Prova)	UM	Simbolo	Provino 1	Provino 2	Provino 3	Medie
Condizione provino	/		indisturbato	indisturbato	ricostituito	
Diametro iniziale	mm	$\phi_0$	60	60	60	
Altezza iniziale	mm	$h_0$	22	22	22	
Sezione iniziale	mm <sup>2</sup>	$A_0$	2827	2827	2827	
Volume iniziale	mm <sup>3</sup>	$V_0$	62203	62203	62203	
Peso di volume iniziale	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_0$	2,19	2,11	2,08	
Contenuto d'acqua iniziale	%	$W_i$	21,2	21,0	21,7	
Peso di volume secco	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$	1,804	1,74	1,71	1,75
Peso specifico dei grani	gr/cm <sup>3</sup>	G	2,710	2,710	2,710	2,71
Determinato / assunto						
Indice dei Vuoti	/	e	0,51	0,55		0,53
Porosità	%	n	33,71	35,64		34,7
Umidità di saturazione	%	$W_{sat}$	18,69	20,43		19,6
Grado saturazione	%	Sr	113,68	102,99		108,3
<b>CONSOLOLIDAZIONE - PROVA</b>						
Pressione di cella	KPa	$\sigma_v$	98	196	393	
Velocità pressa	mm/min	vel	0,006	0,006	0,006	

**FASE DI ROTTURA**

Criterio di rottura (1 =Raggiungimento del picco; 2 = Deform. magg. 15 %)				1		
Deformazione a rottura	mm		2,78	2,96	3,18	
Deformazione a rottura	%		4,6	4,9	5,3	
Tempo rottura effettivo	min		530	530	560	
Velocità media a rottura	mm/min		0,0052	0,0056	0,0057	
Tensione di rottura	KPa	$\tau$	62	90	160	

Note: Macchine Utilizzate:  
Taglio Casagrande Tecnocest: Prov.1 TG04; Provino 2 TG05; Provino 3 TG06

Certificato n. 365/18.1

Data certif. 14.12.2018

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio





LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>MARI - MAROLDA Studio Associato</b>	SONDAGGIO	<b>P 2</b>
CANTIERE	<b>CALDERINO, VIA LARINO</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>MONTE SAN PIETRO (BO)</b>	PROF. Da m	<b>0,70</b>
RIF.	<b>G18-219</b>	a m.	<b>1,00</b>
Data ricevimento Campione	03.12.2018	Numero di accettazione	365/18
Data esecuzione Prova	05.12.2018	Procedura operativa	IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)**

**PROVINO 1**

tempo min	Def. orizz. mm	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz kPa
45,0	0,21	0	0,000	37	13,09
70,0	0,37	0,62	0,000	52	18,4
100,0	0,48	0,80	-0,002	64	22,6
130	0,64	1,07	-0,004	80	28,3
165	0,81	1,35	-0,007	94	33,2
195	0,94	1,57	-0,009	105	37,1
225	1,11	1,85	-0,010	120	42,4
300	1,5	2,50	-0,011	147	52,0
330	1,68	2,80	-0,011	154	54,5
360	1,89	3,15	-0,011	160	56,6
400	2,1	3,50	-0,012	166	58,7
440	2,25	3,75	-0,012	170	60,1
460	2,35	3,92	-0,012	171	60,5
495	2,58	4,30	-0,011	173	61,2
530	2,78	4,63	-0,011	174	61,5
560	2,93	4,88	-0,012	173	61,2
590	3,1	5,17	-0,013	172	60,8
615	3,39	5,65	-0,013	171	60,5
665	3,54	5,90	-0,013	170	60,1
700	3,76	6,27	-0,013	168	59,4
735	3,9	6,50	-0,013	167	59,1
760	4,15	6,92	-0,013	165	58,4

Certificato n. 365/18.1

Data certif. 14.12.2018

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio











LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **MARI - MAROLDA Studio Associato**  
CANTIERE **CALDERINO, VIA LARINO**  
LOCALITA' **MONTE SAN PIETRO (BO)**  
RIF. **G18-219**

SONDAGGIO **P 2**  
CAMPIONE **1**  
PROF. Da m **0,70**  
a m. **1,00**

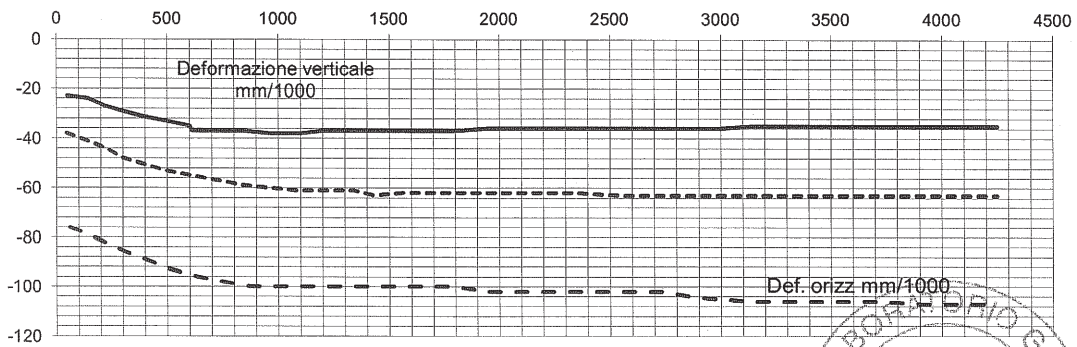
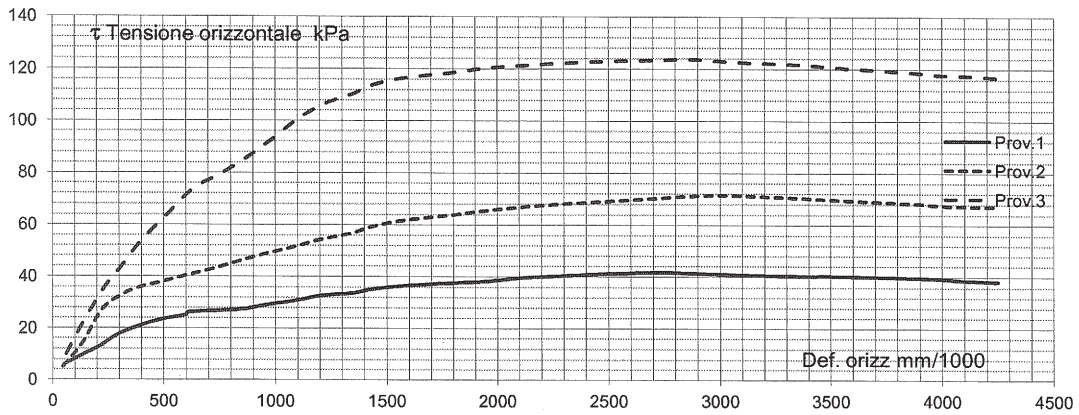
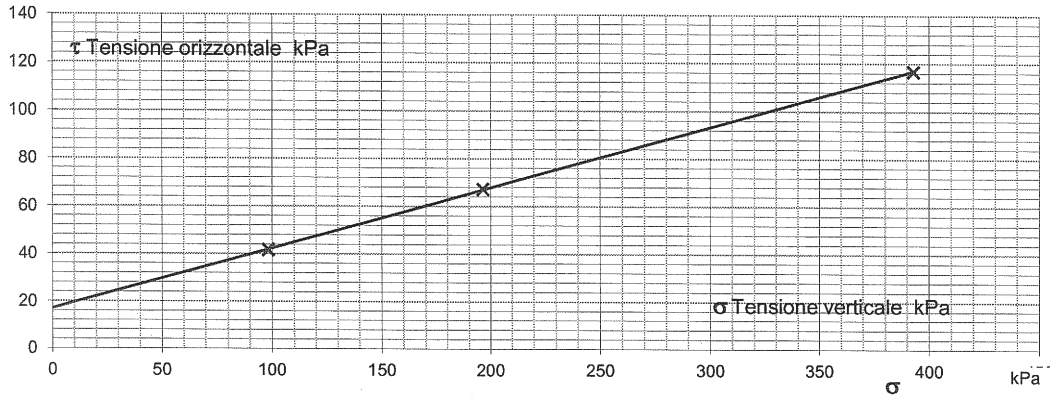
Data ricevimento Campione 03.12.2018 Numero di accettazione 365/18  
Data esecuzione Prova 26/09/2017 Procedura operativa IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO RESIDUO (ASTM 3080-04)**

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO  $\tau-\sigma$  **C' res = (kPa) 17,0**  
Regressione Lineare  **$\phi'$  res = (°) 14,3**

Sceita valori manuale SI/NO \ Sforzo a rottura 42 67 117  
Deformazione a rottura 7,083 7,083 7,083



Certificato n. 365/18.1

Data certif. 14.12.2018

Lo Sperimentatore **Dott. Stefano Ronchi**  
Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti **Dott. Marino Mularoni**













LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

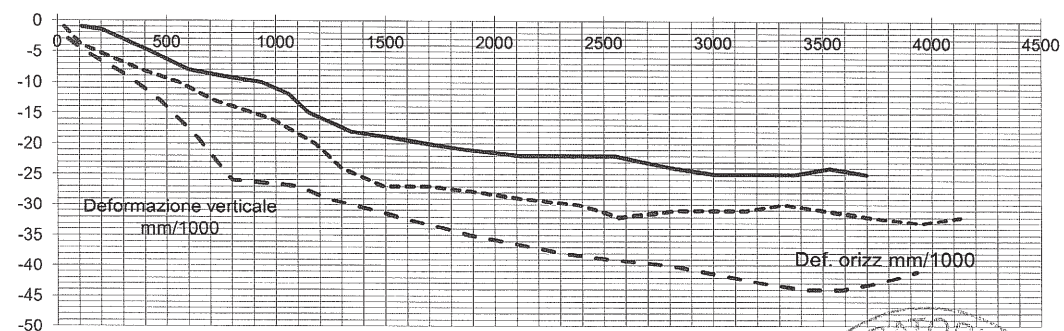
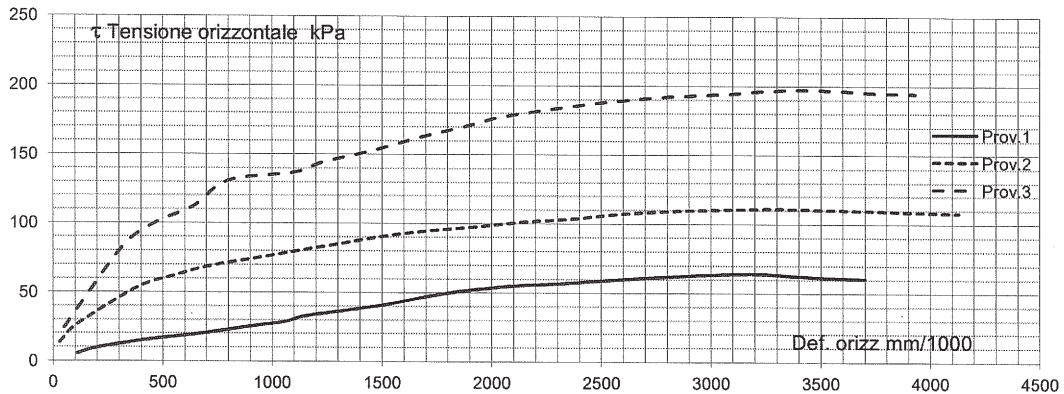
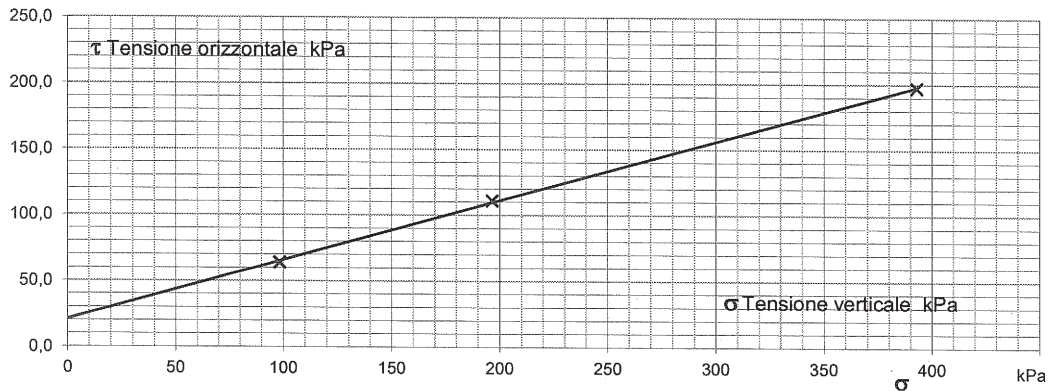
COMMITTENTE	<b>MARI - MAROLDA Studio Associato</b>	SONDAGGIO	<b>P 6</b>
CANTIERE	<b>CALDERINO, VIA LARINO</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>MONTE SAN PIETRO (BO)</b>	PROF. Da m	<b>0,50</b>
RIF.	<b>G18-219</b>	a m.	<b>1,00</b>
Data ricevimento Campione	03.12.2018	Numero di accettazione	366/18
Data esecuzione Prova	10.12.2018	Procedura operativa	IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)**

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO  $\tau-\sigma$   $C' = (\text{kPa})$  **20,9**  
Regressione Lineare  $\phi' = (^\circ)$  **24,3**

Scelta valori manuale SI/NO:	NO	Sforzo a rottura	64	111	197
		Deformazione a rottura	5,333	5,533	5,7



Certificato n. 366/18.1

Data cert. 14.12.2018

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio

Lo Sperimentatore Autorizzato Direttore  
Dott. Stefano Ronchi del Ministero  
Dott. Marco Mularoni  
Infrastrutture e  
dei Trasporti





LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>MARI - MAROLDA Studio Associato</b>	SONDAGGIO	<b>P 6</b>
CANTIERE	<b>CALDERINO, VIA LARINO</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>MONTE SAN PIETRO (BO)</b>	PROF. Da m	<b>0,50</b>
RIF.	<b>G18-219</b>	a m.	<b>1,00</b>
Data ricevimento Campione	03.12.2018	Numero di accettazione	366/18
Data esecuzione Prova	10.12.2018	Procedura operativa	IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)**

PROVINI ( Inizio Prova)	UM	Simbolo	Provino 1	Provino 2	Provino 3	Medie
Condizione provino	/		indisturbato	indisturbato	ricostruito	
Diametro iniziale	mm	$\phi_0$	60	60	60	
Altezza iniziale	mm	$h_0$	22	22	22	
Sezione iniziale	mm <sup>2</sup>	$A_0$	2827	2827	2827	
Volume iniziale	mm <sup>3</sup>	$V_0$	62203	62203	62203	
Peso di volume iniziale	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_0$	1,95	2,13	2,05	
Contenuto d'acqua iniziale	%	Wi	20,1	19,9	22,9	
Peso di volume secco	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$	1,620	1,78	1,67	1,69
Peso specifico dei grani	gr/cm <sup>3</sup>	G	2,710	2,710	2,710	2,71
Determinato / assunto						
Indice dei Vuoti	/	e	0,67	0,52	0,63	0,61
Porosità	%	n	40,24	34,41	38,54	37,7
Umidità di saturazione	%	Wsat	24,85	19,36	23,14	22,4
Grado saturazione	%	Sr	80,98	102,79	99,04	94,3
<b>CONSOLOLIDAZIONE - PROVA</b>						
Pressione di cella	KPa	$\sigma_v$	98	196	393	
Velocità pressa	mm/min	vel	0,006	0,006	0,006	

**FASE DI ROTTURA**

Criterio di rottura (1 =Raggiungimento del picco; 2 = Deform. magg. 15 %)				1		
Deformazione a rottura	mm		3,20	3,32	3,41	
Deformazione a rottura	%		5,3	5,5	5,7	
Tempo rottura effettivo	min		635	600	635	
Velocità media a rottura	mm/min		0,0050	0,0055	0,0054	
Tensione di rottura	KPa	$\tau$	64	111	197	

Note: Macchine Utilizzate:  
Taglio Casagrande Tecnoctest: Prov.1 TG04; Provino 2 TG05; Provino 3 TG06

Certificato n. 366/18.1

Data certif. 14.12.2018

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio













LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **MARI - MAROLDA Studio Associato**  
CANTIERE **CALDERINO, VIA LARINO**  
LOCALITA' **MONTE SAN PIETRO (BO)**  
RIF. **G18-219**

SONDAGGIO **P 6**  
CAMPIONE **2**  
PROF. Da m **0,50**  
a m. **1,00**

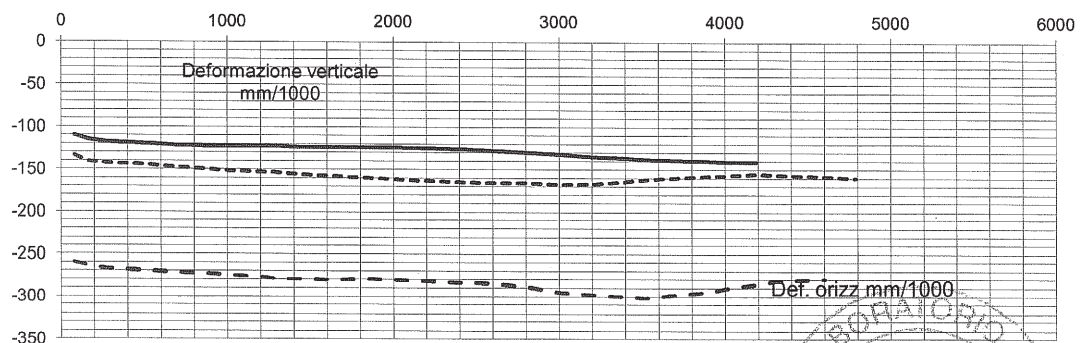
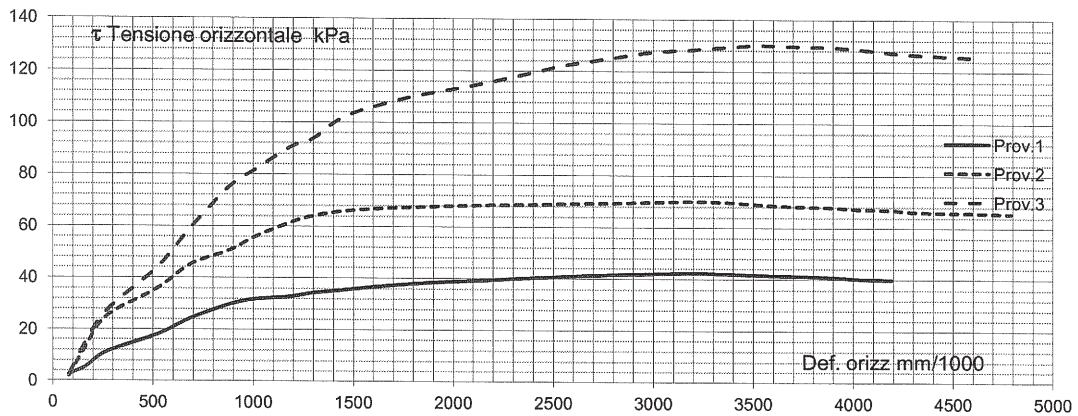
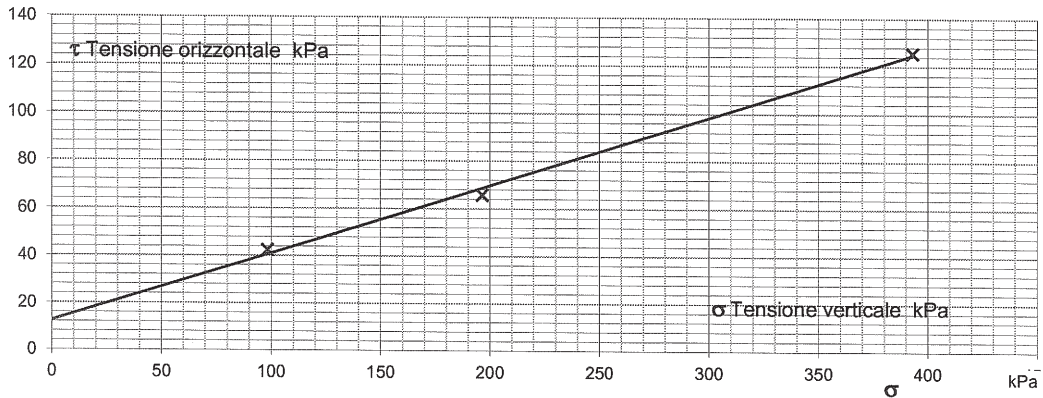
Data ricevimento Campione 03.12.2018 Numero di accettazione 366/18  
Data esecuzione Prova 26/09/2017 Procedura operativa IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO RESIDUO (ASTM 3080-04)**

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO  $\tau-\sigma$  **C' res = (kPa) 12,6**  
Regressione Lineare  **$\phi'$  res = (°) 15,9**

Scelta valori manuale SI/NO \ Sforzo a rottura 42 66 126  
Deformazione a rottura 6,983 7,667 7,667



Certificato n. 366/18.1

Data certif. 14.12.2018

Lo Sperimentatore **Dott. Stefano Ronci** IL Direttore **Dott. Marino Mularoni**  
Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti







LABORATORIO GEOTECNICO  
del Dott. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1219  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **MARI - MAROLDA Studio Associato**      SONDAGGIO **P 6**  
CANTIERE **CALDERINO, VIA LARINO**      CAMPIONE **2**  
LOCALITA' **MONTE SAN PIETRO (BO)**      PROF. Da m **0,50**  
RIF. **G18-219**      a m. **1,00**

Data ricevimento Campione 03.12.2018      Numero di accettazione 366/18  
Data esecuzione Prova 26/09/2017      Procedura operativa IST 06.11

**PROVA DI TAGLIO RESIDUO (ASTM 3080-04)**

PROVINO 2		Macchina Utilizzata: Taglio Casagrande Tecnoctest TG05			
tempo min	Def. orizz. mm	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz kPa
25,0	0,08	0	-0,134	5	1,77
50,0	0,16	0,27	-0,141	36	12,7
75,0	0,27	0,45	-0,143	71	25,1
100	0,52	0,87	-0,145	101	35,7
125	0,69	1,15	-0,148	128	45,3
150	0,88	1,47	-0,15	143	50,6
175	1,01	1,68	-0,152	158	55,9
200	1,19	1,98	-0,153	174	61,5
225	1,3	2,17	-0,154	181	64,0
250	1,44	2,40	-0,156	186	65,8
275	1,62	2,70	-0,158	189	66,8
300	1,84	3,07	-0,16	191	67,6
325	2,12	3,53	-0,163	193	68,3
350	2,39	3,98	-0,165	194	68,6
375	2,57	4,28	-0,166	195	69,0
400	2,81	4,68	-0,166	196	69,3
425	2,99	4,98	-0,168	197	69,7
450	3,2	5,33	-0,167	198	70,0
475	3,38	5,63	-0,165	197	69,7
500	3,52	5,87	-0,162	195	69,0
525	3,7	6,17	-0,16	193	68,3
550	3,88	6,47	-0,158	192	67,9
575	4,02	6,70	-0,157	190	67,2
600	4,19	6,98	-0,155	189	66,8
625	4,32	7,20	-0,156	187	66,1
650	4,6	7,67	-0,158	186	65,8
600	4,79	3,72	-0,16	185	65,4

Certificato n. 366/18.1

Data certif. 14.12.2018

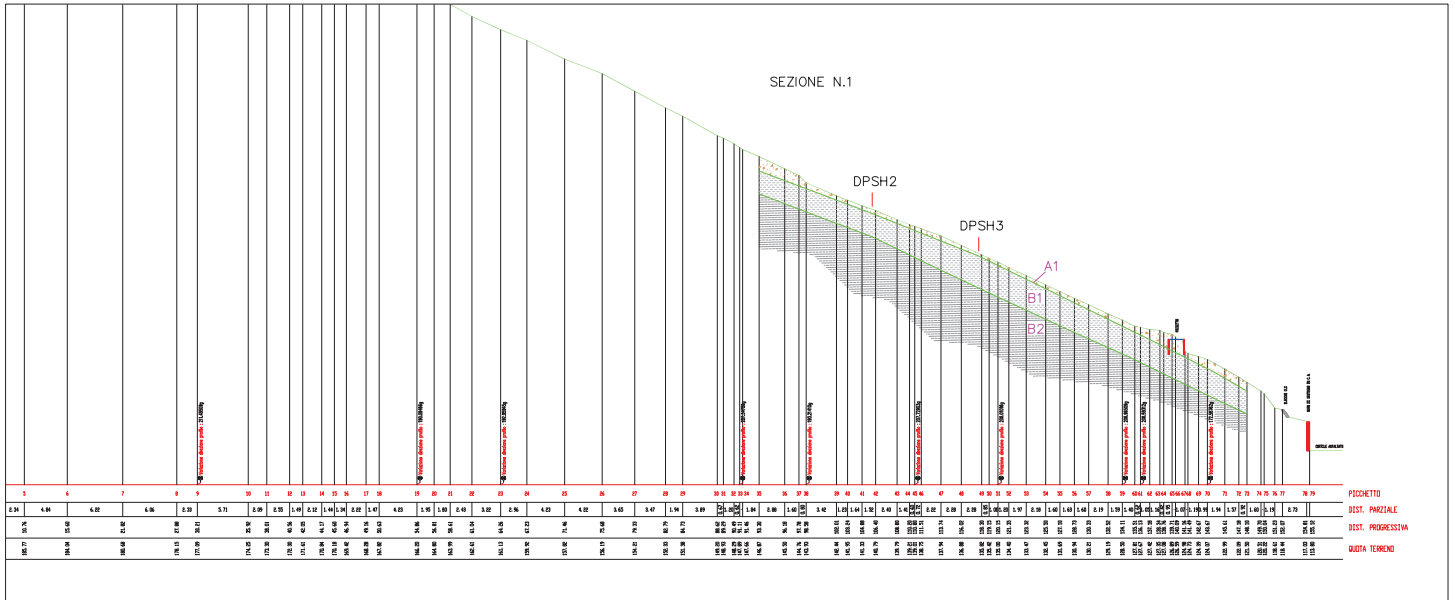
Lo Sperimentatore  
Dott. Stefano Ronci

Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Il Direttore  
Dott. Marino Mularoni













GEOLOGIA  
GEOFISICA  
GEOTECNICA  
IDROGEOLOGIA

REGIONE  
EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA  
DI BOLOGNA

COMUNE DI MONTE SAN PIETRO

STABILIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
DI UN VERSANTE CALANCHIVO  
PRESSO LA LOCALITA' CALDERINO

TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P E  
PROFILO VERTICALE Vs CON METODO MASW

COMMITTENTE:

**Geologi Associati**  
M. Mari & G. Marolda  
Via Beato Mainardo Vescovo, 4  
61029 Urbino

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE  
DATI SISMICI

RESPONSABILE TECNICO:

**Dott. Geol. Riccardo M. Bistocchi**

codice pratica  
**SZZ-BBF**

n° pag  
**10**

n° Tav  
**3**

Allegati  
**1**

Data  
**Dicembre 2018**

TECNOGEO s.n.c. di Bellaveglia Stefano e Bistocchi Riccardo Maria  
Str. S. Vetturino, 1 - 06126 Perugia  
Codice Fiscale - Partita IVA 02863830549  
Tel/Fax 075/5837466 - cell. 339 2349655 - 349 5858305 - email: infotecnogeo@tiscali.it  
[www.tecnogeo.it](http://www.tecnogeo.it)

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	2
<b>2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA</b> .....	3
<b>2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche</b> .....	3
<b>2.2 Tecniche di indagine</b> .....	4
2.2.1 Sismica a rifrazione .....	4
2.2.2 Tecnica Masw .....	4
<b>2.3 Approccio analitico</b> .....	5
2.3.1 Analisi tomografica sismica .....	5
2.3.2 Analisi Masw .....	5
<b>3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE</b> .....	7
<b>4. DEFINIZIONE DEI MODULI ELASTICI DINAMICI</b> .....	8
<b>5. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO</b> .....	9
<b>5.1 Categoria di sottosuolo</b> .....	9
<b>5.2 Condizioni topografiche</b> .....	10

### Tavole:

Tavola 1 .....	<b>Ubicazione delle indagini</b> Ortofoto scala 1:1000
Tavola 2 .....	<b>Certificati indagini sismica a rifrazione</b>
Tavola 3 .....	<b>Certificati indagini MASW</b>

### Allegati:

Allegato 1 .....	<b>Specifiche tecniche strumentazione</b>
------------------	---

## **1. PREMESSA**

Su commissione dello studio Geologi Associati M.Mari, G.Marolda, nell'ambito degli interventi di stabilizzazione e messa in sicurezza di un versante calanchivo presso la località Calderino, nel Comune di Monte San Pietro (BO), è stata condotta una campagna di indagini sperimentali di sismica a rifrazione in onde P e in tecnica Masw, allo scopo di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo e di definire il valore di  $V_{s,eq}$  per la determinazione della categoria di sottosuolo, secondo quanto stabilito nelle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. del 17 gennaio 2018.



## 2. METODOLOGIA INDAGINE SISMICA

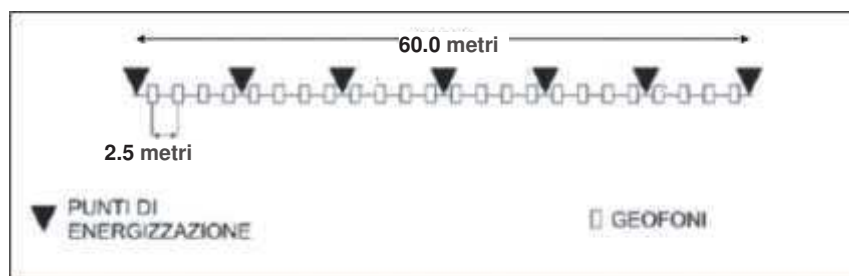
Le prospezioni sismiche vengono utilizzate nell'ambito dell'esplorazione del sottosuolo tramite lo studio della propagazione di onde elastiche generate o artificialmente mediante esplosioni controllate, vibrazioni indotte sul terreno con intensità e frequenza note, masse battenti di vario peso e tipologia o con sorgenti naturali.

Nel caso di sorgenti artificiali si parlerà di sismica attiva e rientrano in questa categoria le indagini di sismica a rifrazione, a riflessione le indagini Masw, le Sasw e tutte le prove eseguite in foro ( down-hole, cross-hole, up-hole) mentre nel caso di sorgenti naturali (*noise*) si parlerà di sismica passiva che comprendono le prove sismiche ReMi, Nakamura, Spac, Esac.

### 2.1 Specifiche tecniche di acquisizione e schema delle prove sismiche

I sismogrammi sono stati acquisiti con un sismografo PASI 16S24 (mod.2007) con risoluzione di acquisizione 16bit (24bit con sovracampionamento e post processing) collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5 Hz, utilizzati sia per il profilo sismico a rifrazione in onde P che per il profilo sismico con tecnica MASW.

Per il profilo a rifrazione sono stati eseguiti 7 punti di energizzazione (due agli estremi, posti ad una distanza pari alla metà della distanza intergeofonica, e cinque all'interno del profilo), mentre per il profilo Masw è stata eseguita una serie di punti di energizzazione (shot) a distanze variabili dai geofoni G1 e G24, selezionando poi, in fase di elaborazione, lo shot che presentava la migliore qualità del segnale. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza da 8 Kg che si è dimostrata in grado di fornire energia sufficiente allo scopo prefissato (Fig. 2.1.).



**Fig.2.1 - schema sismica a rifrazione e Masw**

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un interruttore piezoelettrico posto in corrispondenza della testa della mazza.

PROFILO	Tecnica di indagine	lunghezza stendimento (m)	distanza intergeofonica (m)	orientazione stendimento	durata acquisizione (s)	tempo di campionamento (ms)
<b>SRP_01</b>	Tomografia sismica in onde P	60	2.5	SSO-NNE	1.0	0.500
<b>SM_01</b>	Sismica in tecnica MASW	57.5	2.5	SSO-NNE	1.0	0.500

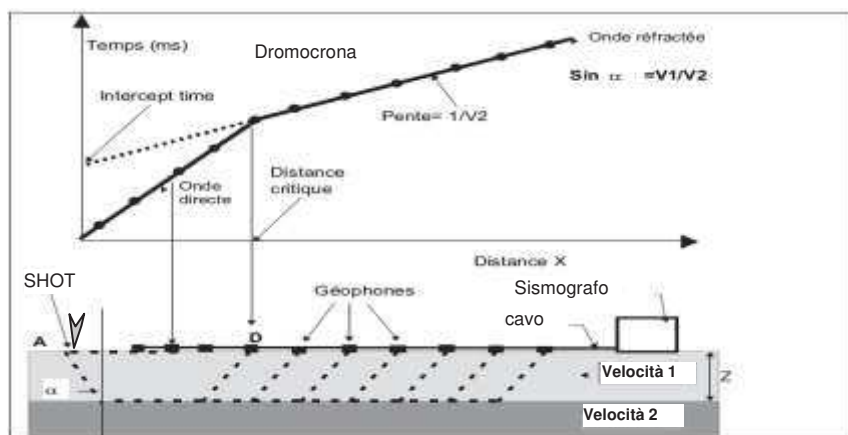
## 2.2 Tecniche di indagine

### 2.2.1 Sismica a rifrazione

La metodologia di indagine a rifrazione consiste nel produrre una perturbazione elastica (*shot*) in un punto della superficie del terreno e nel rilevare e registrare in più punti distanti il tempo intercorso tra l'istante dell'energizzazione (*tempo zero*) e l'arrivo di un suo impulso rifratto dalle superfici di discontinuità presenti nel sottosuolo. Le registrazioni avvengono tramite l'utilizzo di sensori detti *geofoni*, allineati lungo uno stendimento a distanze reciproche (distanza intergeofonica) variabili in funzione dell'obiettivo e delle specifiche condizioni di sito.

I segnali più importanti che vengono registrati sono relativi a tre tipi di onde, di seguito indicati nel loro ordine di arrivo: onde di compressione o primarie (onde P), onde di taglio o secondarie (onde S) e onde di Rayleigh o superficiali. Le registrazioni a distanze crescenti dal punto di energizzazione vengono quindi riportate su di un grafico distanze/tempi di arrivo per ogni tipologia di onda che si propaga nel mezzo elastico, ottenendo così una retta di inclinazione variabile rispetto all'asse delle ascisse detta *dromocrona* (Fig.2.2.1).

I tempi di arrivo dei raggi rifratti si disporranno nel diagramma tempi-distanze secondo una serie di rette di pendenza diversa tra loro e inferiore a quella delle onde dirette; dal calcolo dei coefficienti angolari delle rette così individuate si è in grado quindi di determinare la velocità di propagazione dell'onda negli orizzonti attraversati e di conseguenza, noto il tempo intercetto, anche il loro spessore.



**Fig.2.2.1 - Indagine sismica a rifrazione**

### 2.2.2 Tecnica Masw

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro  $V_{s,eq}$  necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione antisismica.

Per quanto concerne la fase di acquisizione del dato di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da una comune acquisizione per un'indagine di sismica a rifrazione, in quanto le onde di superficie sono facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale ad esempio una mazza. L'acquisizione del

dato prevede di effettuare uno stendimento di 24 geofoni (preferibilmente da 4,5 Hz) allineati con la sorgente ad una distanza intergeofonica variabile in base alle condizioni di sito e di energizzare in un solo punto (off set) con una sorgente ad impatto verticale, ad una distanza dal geofono più esterno anch'essa variabile in un range prestabilito. I sismogrammi così ottenuti vengono poi selezionati in fase di elaborazione, utilizzando solamente lo shoot che presenta la migliore qualità del segnale.

## 2.3 Approccio analitico

### 2.3.1 Analisi tomografia sismica

Il software di elaborazione tomografico utilizzato (*Rayfract v 3.18*), elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche. Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche. Attraverso questo tipo di elaborazioni si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione. L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle unitarie di piccole dimensioni, in maniera tale da individuare e discriminare le anomalie laterali di velocità.

### 2.3.2 Analisi Masw

Il profilo  $V_s$  con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali Sv. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh; la dispersione è una deformazione di un treno di onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo e presentano normalmente più elevate velocità di fase. Il calcolo del profilo di velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{Frequenza}$ , viene quindi convertito nel profilo di  $V_s/\text{profondità}$ . La procedura utilizzata per la determinazione del profilo prevede quattro operazioni svolte in successione:

1. acquisizione delle onde superficiali (dati di campo);
2. determinazione dello spettro di velocità;
3. individuazione della curva di dispersione sullo spettro di velocità;
4. inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (soft computing) e rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

Resta comunque sottinteso che il calcolo algoritmico non prevede un risultato univoco ma una serie di risultati attendibili in un range di modelli validi e per tale motivo i dati finali possono presentare discordanze

rispetto ai modelli ottenuti con altre tecniche di indagine sismica (down hole, cross hole, ecc. Il fit tra il modello calcolato con tecnica MASW e il modello ottenuto con altri metodi di indagine sismica è quindi funzione delle conoscenze geologiche di sito e per tale motivo la presenza di dati ricavati da indagini integrative (sondaggi, penetrometrie, ecc) permette di restringere il campo di incertezza, ottimizzando il modello finale.

### 3. ELABORAZIONE PROVE SISMICHE

L'elaborazione del profilo sismico a rifrazione SRP\_01, integrato con i dati ottenuti dalla prova Masw SM\_01, ha permesso di ricostruire il seguente modello sismostratigrafico interpretativo valido per i terreni investigati:

STRATO	SPESSORE min-max	VELOCITA' Vp min -max	VELOCITA' Vs media	LITOLOGIA	CARATTERISTICHE E FISICHE
1	0.0 - 1.0 m	200 - 400 m/s	130 m/s	deposito eluvio colluviale	poco consistente
2	3.0 - 4.6 m	400-1300 m/s	250 m/s	terreni argilloso marnosi	alterato
3	7.0 - 9.0 m	1300 - 1700 m/s	390 m/s	marne argillose	poco alterato
4	n.d.	>1700 m/s	450 m/s	marne argillose	inalterato



#### 4. DEFINIZIONE DEI MODULI ELASTICI DINAMICI

In base ai dati ricavati dalle indagini eseguite è possibile fornire dei valori indicativi dei parametri dinamici del terreno investigato in corrispondenza dell'area di progetto. I dati sono stati calcolati fino alla profondità di circa -15.0 m dal p.c., considerando i valori medi di velocità delle onde P e S relativi ai primi tre orizzonti individuati dal profilo SRP\_01:

STRATO	hi (Spessore)	VP (Velocità media)	VS (Velocità media)	$\gamma^*$ (Peso di volume)
1	0.0 - 1.0 m	350 m/s	130 m/s	1.70 t/m <sup>3</sup>
2	3.0 - 4.6 m	850 m/s	250 m/s	1.80 t/m <sup>3</sup>
3	7.0 - 9.0 m	1500 m/s	390 m/s	1.90 t/m <sup>3</sup>

*\* da bibliografia*

STRATO	$\nu$ (Poisson)	K (Mod. Incomp.) MPa	$\mu$ (Mod. di taglio) MPa	E (Mod. Young) MPa
0,38	0.42	170	29	82
0,45	0.45	1151	113	327
0,46	0.46	3890	289	846

## 5. AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. L'azione sismica sulle costruzioni è quindi valutata da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). L'azione sismica così individuata viene poi variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

### 5.1 Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{S,eq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di  $V_{S,eq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{S,i}$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al disopra del substrato sismico ( con  $V_S > 800\text{m/s}$ ), fino ad un  $H$  massimo di 30 m ( $V_{S30}$ ).

L'indagine sismica ha permesso quindi di ricostruire il seguente profilo sismostratigrafico necessario per il calcolo delle  $V_{S,eq}$ :

STRATO	SPESSORE medio ( $h_i$ )	VELOCITA' media ( $V_S$ )
1	1.0 m	130 m/s
2	4.6 m	248 m/s
3	9.0 m	390 m/s
4	9.7 m	450 m/s
5	5.7 m	489 m/s

Il modello sismo-stratigrafico ricavato mostra quindi la presenza di depositi argillosi che sovrastano rocce tenere marnose con valori di  $V_{S,eq}$  ( $V_{S,30}$ ) pari a 364 m/s. Secondo quanto stabilito dal DM del 17 gennaio

2018, è possibile quindi assegnare al terreno di progetto la seguente categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

**Categoria di sottosuolo B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa addensati e a grana fina consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

## 5.2 Condizioni topografiche

Il sito in esame è ubicato in corrispondenza di un pendio con inclinazione media maggiore a 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

**Categoria topografica "T2"**

*Perugia, Dicembre 2018*

**TECNOGEO s.n.c**  
Il Responsabile Tecnico  
*Dott. Geol. Riccardo M. Bistocchi*

**TECNOGEO s.n.c**  
*di Bellavoglia S. e Bistocchi R.*



# COMUNE DI MONTE SAN PIETRO

PROVINCIA DI BOLOGNA

## STABILIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DI UN VERSANTE CALANCHIVO PRESSO LA LOCALITA' CALDERINO

**OGGETTO:** UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
Ortofoto

**TAVOLA N°**

**1**

**SCALA**

**1:1.000**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Bistocchi Riccardo M.

### Legenda

 Traccia del rilievo sismico a rifrazione (SRP\_01) e con metodo Masw (SM\_01)

 Geofoni (Gn)

 Punti di scoppio (Shn)



Sh1 Sh2 Sh3 Sh4 Sh5 Sh6 Sh7  
C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 C10 C11 C12 C13 C14 C15 C16 C17 C18 C19 C20 C21 C22  
SRP\_01  
SM\_01





**COMUNE DI  
MONTE SAN PIETRO**

**PROVINCIA DI BOLOGNA**

**STABILIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
DI UN VERSANTE CALANCHIVO  
PRESSO LA LOCALITA' CALDERINO**

**OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI SISMICA A RIFRAZIONE**

**TAVOLA N°**

**2**

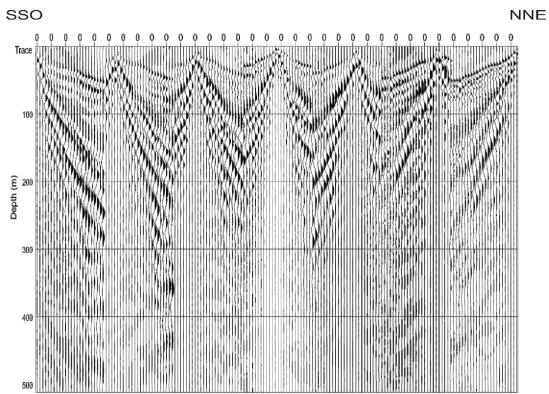
**N° PROFILI**

**1**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Bistocchi Riccardo M.

**SISMOGRAMMI**



**Codice Certificato di prova: szz-bbf\_SRP\_01**

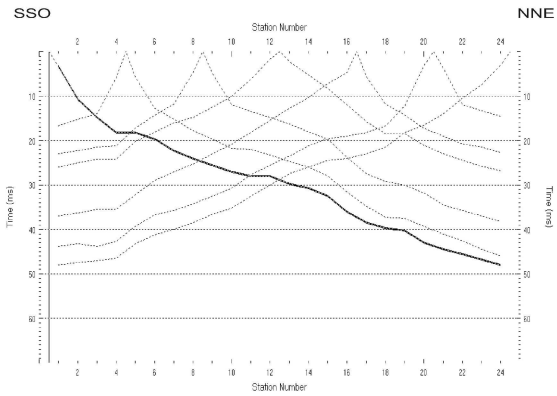
Committente: Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
Data Esecuzione: 06/12/2018 - Località: Calderino - Comune: Monte San Pietro (BO)

**SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE**

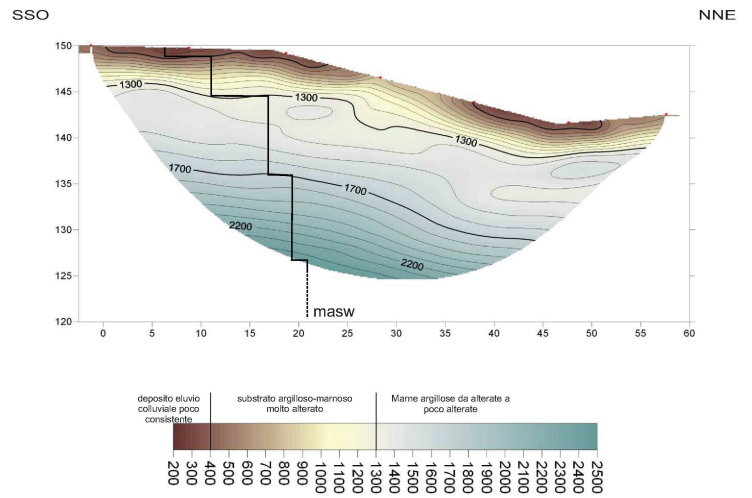
Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	60.0 m
Distanza intergeofonica	2.5 m
Orientazione stendimento	SO - NE
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	500 ms



**DROMOCRONE**



**PROFILO SISMICO 2D**



**COMUNE DI  
CASTIGLIONE DEL LAGO**

**PROVINCIA DI PERUGIA**

**STABILIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
DI UN VERSANTE CALANCHIVO  
PRESSO LA LOCALITA' CALDERINO**

**OGGETTO: CERTIFICATI INDAGINI MASW**

**TAVOLA N°**

**3**

**N° PROFILI**

**1**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Bistocchi Riccardo M.



# CERTIFICATO DI PROVA INDAGINE SISMICA MASW

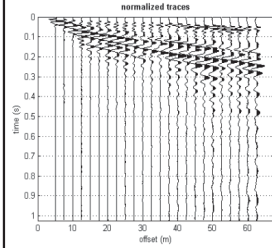
**Tecnogeo snc di Bellavoglia Stefano e Bistocchi Riccardo Maria**  
Società di Servizi indagini geologiche, geofisiche, geotecniche ed ambientali  
Str. S. Vetturino n°1, 06126 Perugia - C.F. e P.I. 02963830549  
Tel/Fax 0755837466  
www.tecnogeo.it - PEC: tecnogeo@pec.it

**Codice Certificato di prova: szz-bbf\_SM\_01**  
Comittente: Geologi Associati M. Mari & G. Marolda  
Data Esecuzione: 06/12/2018 - Località: Calderino - Comune: Monte San Pietro (BO)

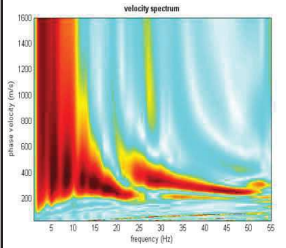
SPECIFICHE TECNICHE DI ACQUISIZIONE	
Profilo	SM_01
Tipo geofoni	verticali
Frequenza geofoni	4.5 Hz
N° geofoni	24
N° scoppi	7
Lunghezza stendimento	57.5 m
Distanza intergeofonica	2.5 m
Orientazione stendimento	SSO - NNE
Durata acquisizione	1 s
Tempo di campionamento	500 ms
Superficie di esecuzione	terreno



## SISMOGRAMMI



## SPETTRO



## DATI NUMERICI

Rayleigh wave analysis  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -23.0884 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -25.6151 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -23.1942 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -26.1867 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -26.1356 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -21.7294 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -20.6199 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -22.0858 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -23.033 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -19.9272 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -21.7262 -4.27891  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -18.792 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -20.0812 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -18.3574 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -22.5077 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -21.6517 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -21.7747 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -21.6865 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -20.4965 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -21.7258 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -21.0824 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -19.283 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -20.1211 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -19.3523 -4.2769  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -18.0919 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -18.1795 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -22.0612 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -20.4075 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -20.7008 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -25.015 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -23.2663 -2.8446

Inversion: fase#2  
 Rayleigh wave analysis  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -28.4768 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -28.2031 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -24.6118 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -23.125 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -16.5145 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -16.7515 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -21.8477 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -21.4047 -2.8446  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -20.4691 -2.8446

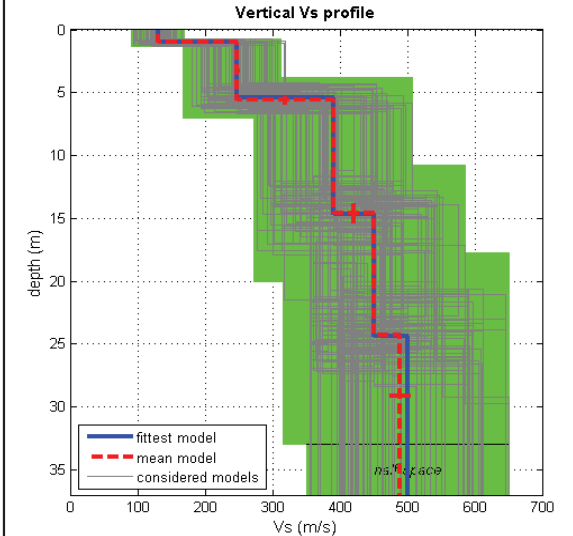
MODELLO MEDIO  
 VS (m/s): 130 248 390 450 489  
 Spessori (m): 1.0 4.6 9.0 9.7

Fundamental mode  
 Mean model  
 f(Hz) VR(m/s)  
 2.98113 430.5104  
 5.92453 404.4052  
 8.75472 371.4754  
 14.5283 310.4047  
 19.3962 259.9577  
 23.3595 233.9618  
 32.6415 211.3253  
 38.1887 204.1699  
 45.6604 192.0667

First higher mode  
 Mean model  
 24.8302 369.6077  
 27.0943 359.9945  
 32.6415 336.1322  
 40.1132 297.8366  
 49.5094 255.6055

winMASW Pro  
 Surface Wave Analysis  
 www.eliosoft.it

## PROFILO DI VELOCITA' 1D Vs,eq (Vs30) = 364 m/s



**COMUNE DI  
MONTE SAN PIETRO**

**PROVINCIA DI BOLOGNA**

**STABILIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA  
DI UN VERSANTE CALANCHIVO  
PRESSO LA LOCALITA' CALDERINO**

**OGGETTO: SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**

**ALLEGATO N°**

**1**

**TECNOGEO s.n.c.** - Str. S.Vetturino,1 - Perugia  
C.F.-P.I.: 02863830549 - n° REA PG 246597

**RESPONSABILE TECNICO:**  
Dott. Geol. Bistocchi Riccardo M.



## SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

### SISMOGRAFO PASI mod. 16S24

Processore	Pentium 233MMX Intel
Trattamento dati	Floating Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows 3.11
Interfaccia multilingue	Italiano, Inglese Francese Spagnolo, ecc...
Numero canali	<b>24</b>
Puntamento	VersaPoint Mouse
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4"
Supporto di memorizzazione	<b>Hard-Disk 4.3 Gb</b>
Risoluzione di acquisizione	<b>16 bit (24 bit con sovracampionamento e post Processing)</b>
Stampante (opzionale)	Seiko DPU-411 thermal printer
Porte dati esterne	Rs232, stampante, tastiera
Sonde ambiente interne	Temperatura e umidità relativa
Protezioni interne	Termiche prevenzione e controllo surriscaldamenti (Warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2
Connettori geofoni 1 o 2	Standard NK-27-21C
Alimentazione	12Vdc (batteria o alimentatore, opz.)
Allarme	Di batteria scarica
Temperatura Funzionamento	0°C - 55°C
Immagazzinaggio	- 55°C - 150°C
Umidità	5% - 90% non condensante
Dimensioni fisiche	(482.6 x 355.6 x 196.8 mm)
Peso	da 14 a 20 Kg
Durata acquisizione	32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 .... <b>16000,00 ms</b>
Tempi di campionamento	31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000 µs
Filtri in acquisizione e uscita:	
- <i>Passo alto</i>	25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz
- <i>Passo basso</i>	250, 500, 1000 Hz
- <i>Notch</i>	50, 60, 150, 180 Hz

### **FUNZIONI SPECIALI**

- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare posizione nel tempo dei punti video
- A.G.C.
- Delay
- Pre-trigger: 0 - 100 ms (step di 1 ms)
- Post-trigger: 0 - 16.000 ms (step di 1 ms)
- **Inversione di polarità**
- Noise-monitor con visualizzazione real time a cascata
- Visualizzazione vecchie acquisizioni (ordinate per ora e data)
- Visualizzazione in wiggle-trace o variable-area
- Funzione di determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento
- Massima acquisizione: 1.024.000 campioni/acquisizione
- Calibrazioni automatiche
- Doppia auto-taratura offset
- Taratura ingressi su tensioni di riferimento
- Taratura guadagno
- Massimo range di tensione in ingresso: +/- 5V

## **SPECIFICHE DI ACQUISIZIONE**

Risoluzione 16 Bit reali

Guadagno = 1	97 dB
Guadagno = 5	101 dB
Guadagno = 10	105 dB
Guadagno = 20	105 dB
Guadagno = 50	105 dB
Guadagno = 100	105 dB

Larghezza di Banda 5KHz (qualunque guadagno)

### **Rumore di sistema**

<b>GUADAGNO</b>	<b>RUMORE DI SISTEMA (Compreso quello di quantizzazione)</b>
- da 2 a 10	0.6 LSBrms
- 20	0.7 LSBrms
- 50	1.1 LSBrms
- 100	2.0 LSBrms

## **GEOFONI**

**Sonde geofoniche da foro** n. 2 Geofoni triassiali 10 Hz collegati rigidamente a distanza di 1.0 m  
n. 1 geofono triassiale mod. GEOSTUFF. BHG-3 orientazione automatica

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	OYO-Geospace
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofoni verticali**

Quantità	n. 25
Marca	PASI CDJ - Z 4.5
Frequenza	<b>4.5 Hz</b>

### **Geofoni orizzontali**

Quantità	n. 25
Marca	MARK
Frequenza	<b>14Hz</b>

### **Geofono starter**

## **ENERGIZZATORI**

### **Per onde P - SH**

Mazza da 8 Kg  
Sistema a caduta libera con massa da 100 Kg  
Sistema idraulico con massa accelerata semovente

# INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE "TROMOGRAFO DIGITALE" (METODO NAKAMURA)

Località: Via Lavino - Calderino Comune di Monte San Pietro (BO) - Data: 16/11/2018

## PREMESSA E GENERALITA'

### MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze dipendono dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Per la misura delle frequenze di risonanza solitamente viene applicato al corpo una sollecitazione nota (un impulso), misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale (sismica attiva).

In alternativa si può utilizzare come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo (sismica passiva).

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche o vento) e dall'attività antropica. Viene detto anche "microtremore" perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Per la misura del rumore sismico è stato impiegato il tromografo digitale Geobox della SARA Electronic Instruments srl, successivamente analizzato con il software Geoexplorer.

### METODO H/V

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio HVSR o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

Le basi della teoria dei rapporti spettrali (HVSR) sfrutta il principio secondo cui i microtremori o rumore sismico di fondo, sono costituiti prevalentemente da onde superficiali di tipo Rayleigh, che si propagano in un sistema stratificato caratterizzato da una variazione dei parametri con la profondità.

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati caratterizzati da un significativo contrasto di impedenza (funzione della velocità delle onde e della densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è quindi legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_{s1} \cdot 1/4H \quad (1)$$

dove:

Vs1 = velocità delle onde S del primo strato

H = spessore primo strato

Tale metodologia, in base agli studi effettuati, presenta quindi la sua migliore applicabilità in contesti caratterizzati dalla presenza di depositi soffici di copertura sovrastanti un basamento roccioso, dove si manifestano evidenti contrasti di impedenza.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni.

Nella fase di cantiere il segnale dei velocimetri è stato acquisito tramite il software SEISMOLOG-MT della Sara Srl, programma di acquisizione dati in tempo reale dedicato alla valutazione della risposta sismica di sito e, pertanto, utilizzabile sia per la valutazione del sito per postazioni sismiche permanenti, che per la valutazione geologica del sito ai fini di ingegneria civile. I dati sono stati quindi acquisiti per un tempo  $t$  pari a circa 20 min con digitalizzazione del segnale a 24 bit. Successivamente i dati relativi ad ogni singola stazione, sono stati elaborati tramite il software Geoexplorer della Sara Srl, che include la verifica dei criteri derivati dal progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

## **ESECUZIONE ED ELABORAZIONE DELLA PROVA**

L'area di progetto, durante la fase di acquisizione, presentava un rumore ambientale di fondo (seismic noise) in parte disturbato da sorgenti di rumore generate dal transito di automezzi. In fase di elaborazione si è provveduto ad eseguire una misura di 20 min di acquisizione, con frequenza di campionamento di 200 Hz. Successivamente, vista la presenza di alcuni transienti di origine artificiale, si è cercato di selezionare solamente le finestre temporali che presentavano il minor disturbo, utilizzando finestre di campionamento con durata di 20 e 30 s.

## **STIMA DI VS30 A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA**

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare un massimo (picco) nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento delle onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle Vs è netta. In base alla precedente equazione (1), il segnale, una volta pulito dagli effetti antropici ad alta frequenza (>30Hz), si può risolvere conoscendo la Vs del materiale, oppure, conoscendo gli spessori, si determina la Vs.

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie, carotaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V.

Valori orientativi di velocità delle onde S sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (Borcherdt, 1994).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
argille compatte e suoli sabbiosi (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

## MODI DI VIBRARE

Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici in c.a. presenta a loro volta delle frequenze di risonanza proprie dell'edificio.

E' indispensabile evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili o leggermente inferiori a quelle dell'edificio.

La condizione ideale sarebbe data da una risonanza dell'edificio a frequenze minori di quelle del sottosuolo. Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente problematica perché :

- a) gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza propria;
- b) il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore, e a frequenza maggiore, rispetto a quella visibile con i microtremori.

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici in relazione alla loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da "Tecniche di sismica passiva e attiva", Silvia Castellaro, 2010).



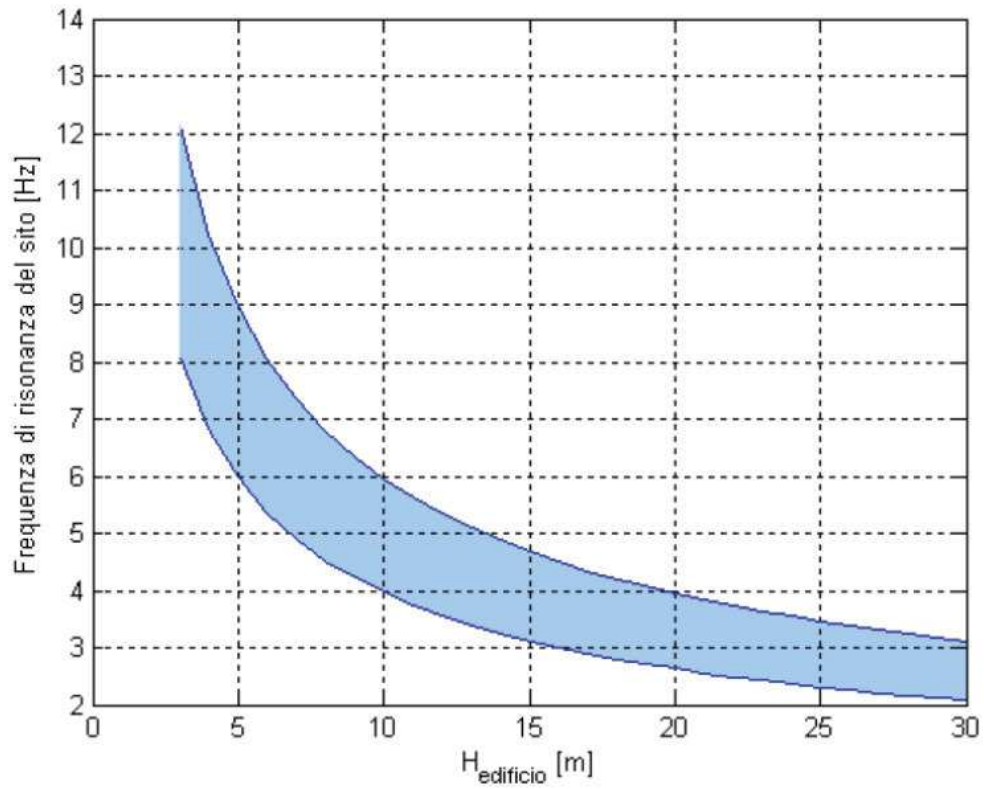


Fig. 1: relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

## STATION INFORMATION

*Station code:* HV1

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* HV1

*Address:* Calderino Via Lavino (BO)

*Latitude:* 44.454556

*Longitude:* 11.195564

*Coordinate system:* WGS84

*Elevation:* 139 m s.l.m.

*Weather:* Nuvoloso; vento assente

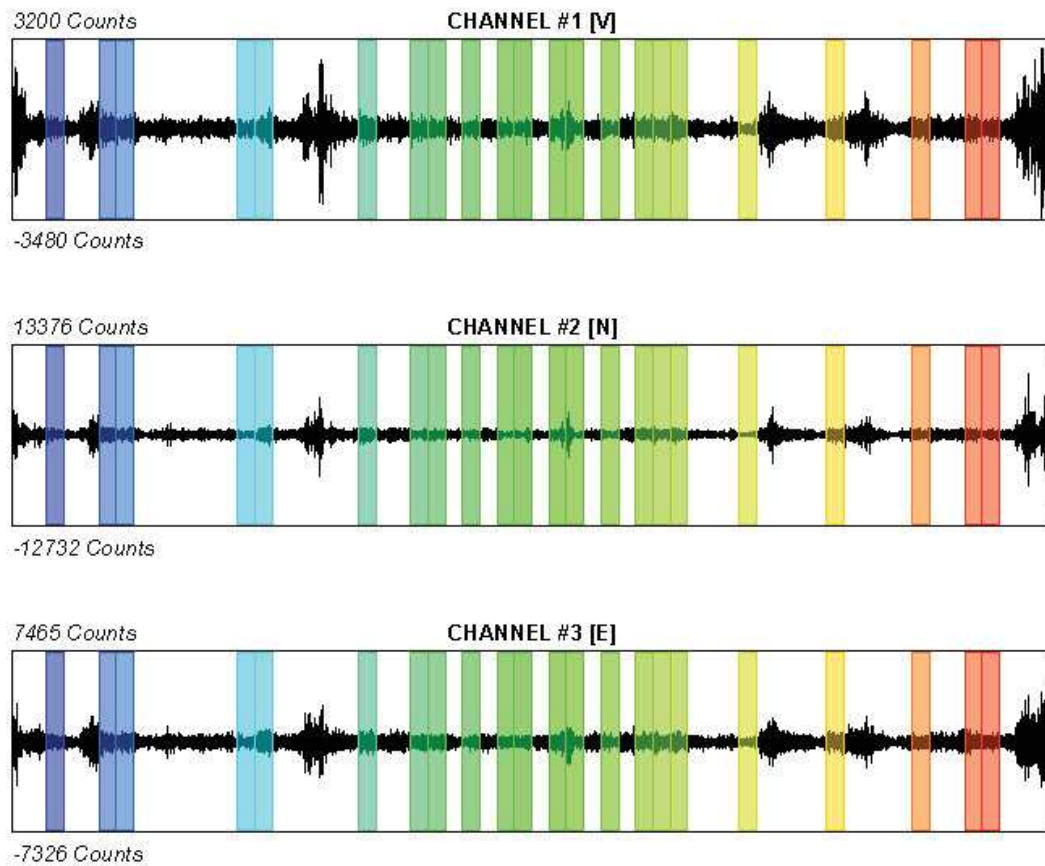
*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

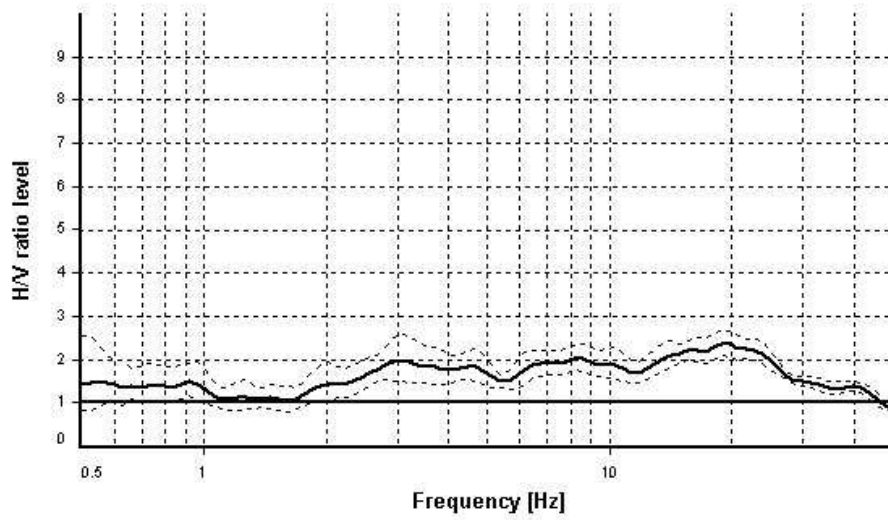
*Sampling frequency:* 200 Hz  
*Recording start time:* 2018/11/16 12:09:51  
*Recording length:* 20 min  
*Windows count:* 22  
*Average window s length:* 20  
*Signal coverage:* 36.67%



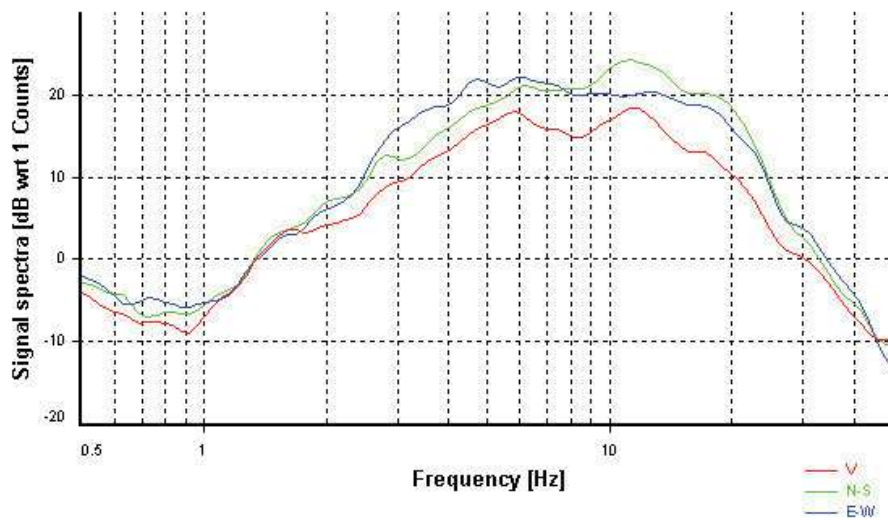
### HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)  
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)  
*Instrumental correction:* Disabled

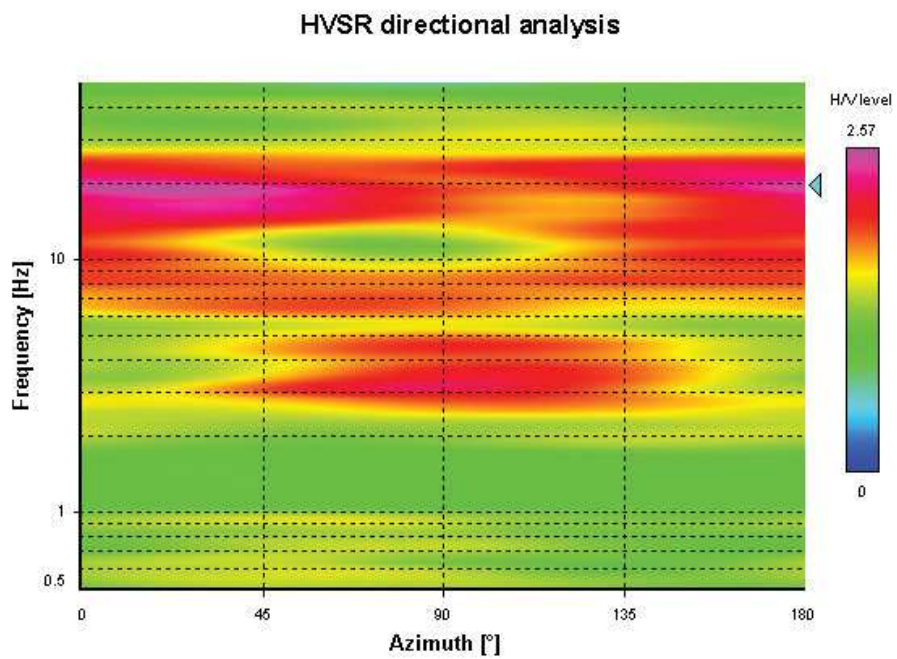
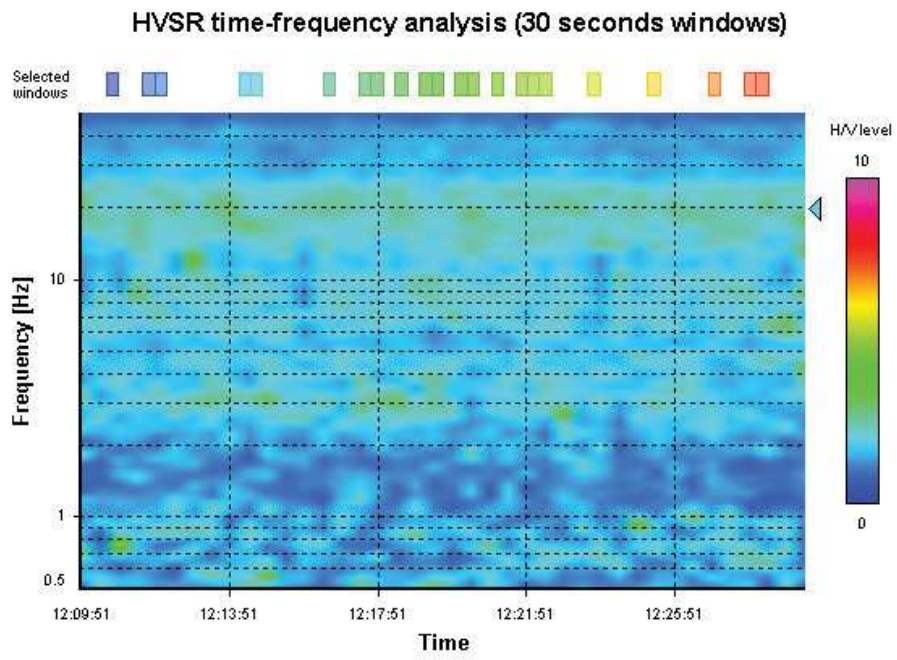
#### HVSR average



#### Signal spectra average









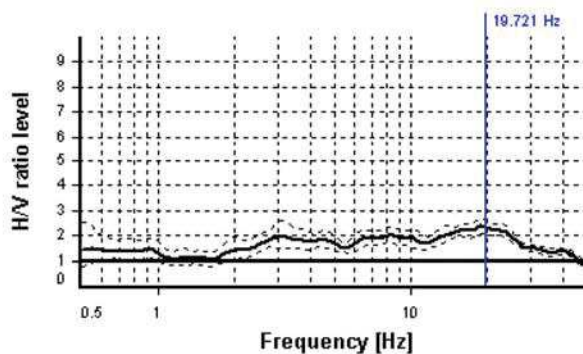
## SESAME CRITERIA

### Selected $f_0$ frequency

19.721 Hz

$A_0$  amplitude = 2.344

Average  $f_0 = 18.857 \pm 2.725$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	22 valid windows (length > 0.51 s) out of 22	OK
$n_c(f_0) > 200$	8677.25 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	45.55814 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.34 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.55% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.72549 >= 0.98605	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13512 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

## STATION INFORMATION

*Station code:* HV1

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* HV2

*Address:* Via Lavino Calderino (BO)

*Latitude:* 44.454585

*Longitude:* 11.195487

*Coordinate system:* WGS84

*Elevation:* 144 m s.l.m.

*Weather:* Nuvoloso; vento assente

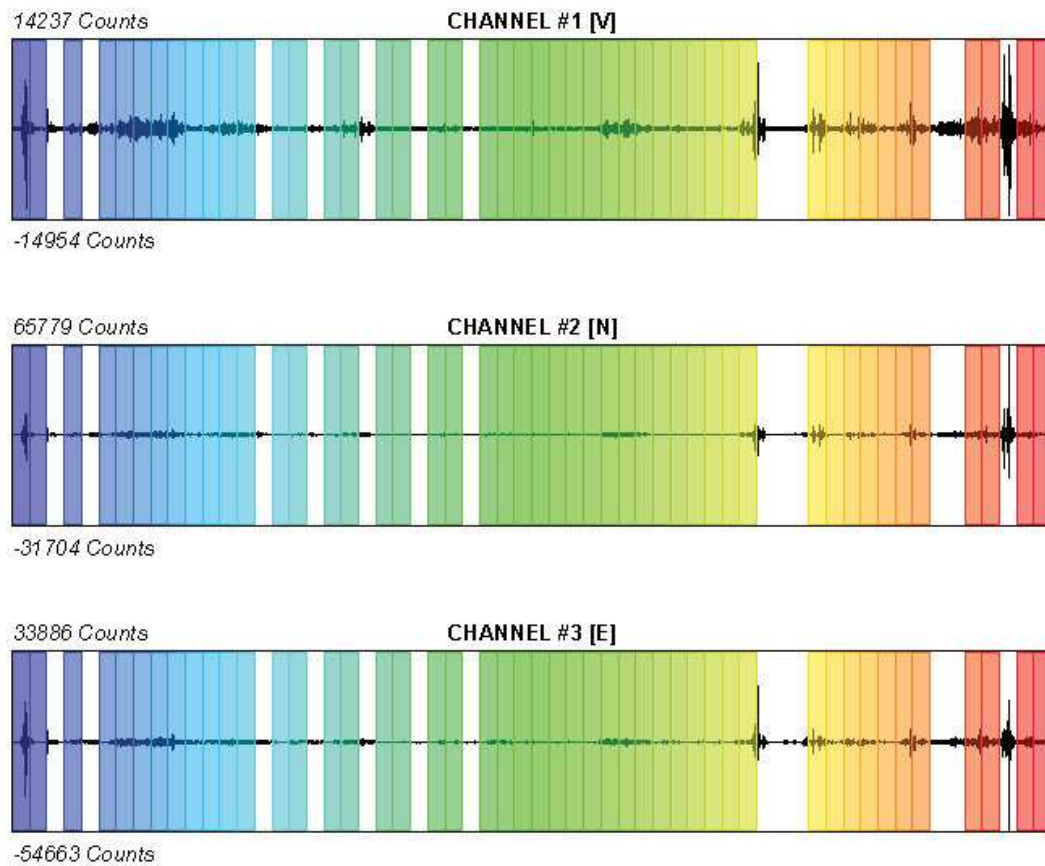
*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 200 Hz  
*Recording start time:* 2018/11/16 12:45:47  
*Recording length:* 20 min  
*Windows count:* 47  
*Average window s length:* 20  
*Signal coverage:* 78.33%



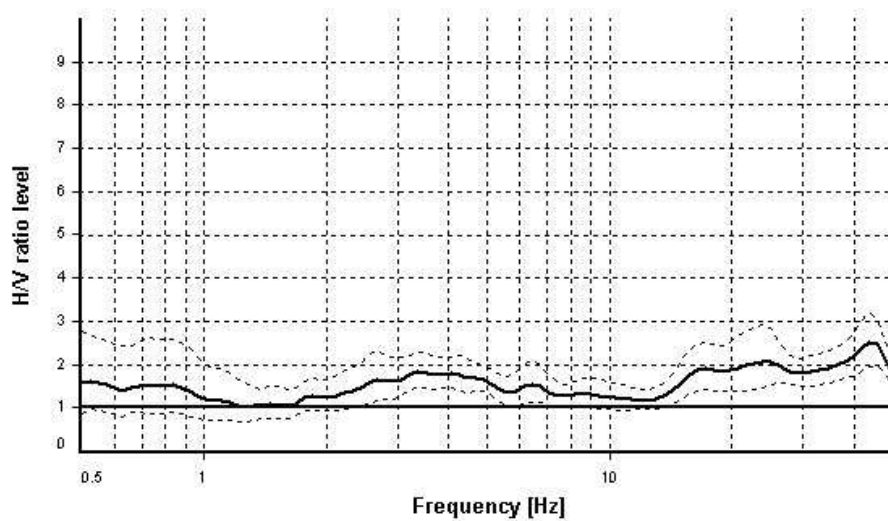
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

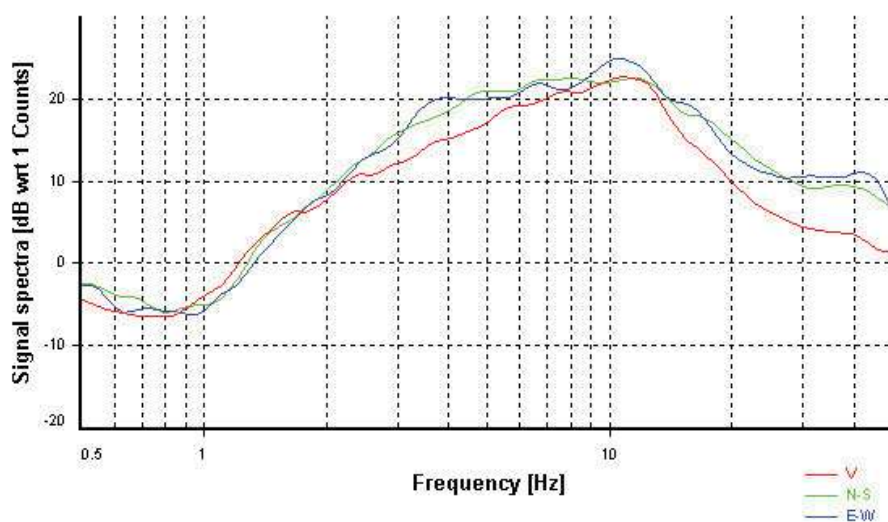
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

### HVSR average

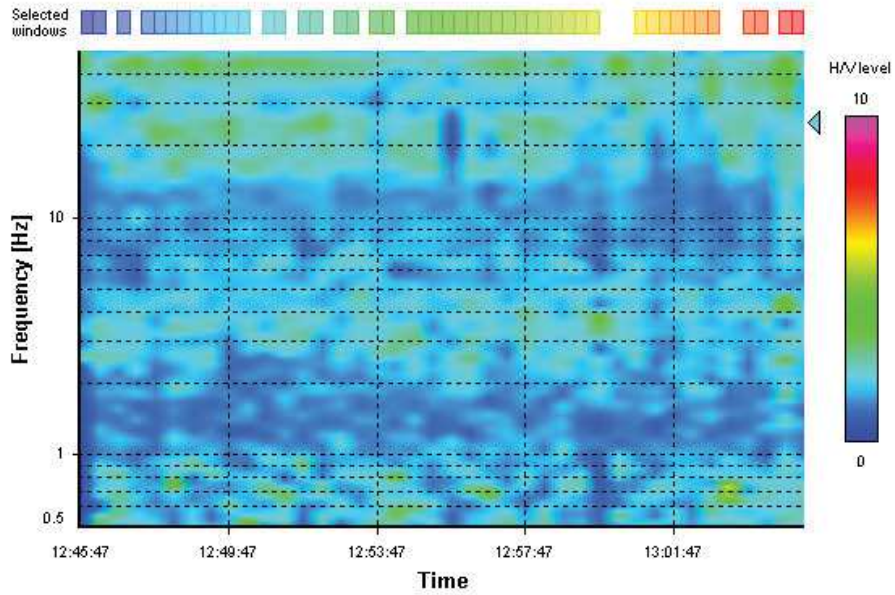


### Signal spectra average

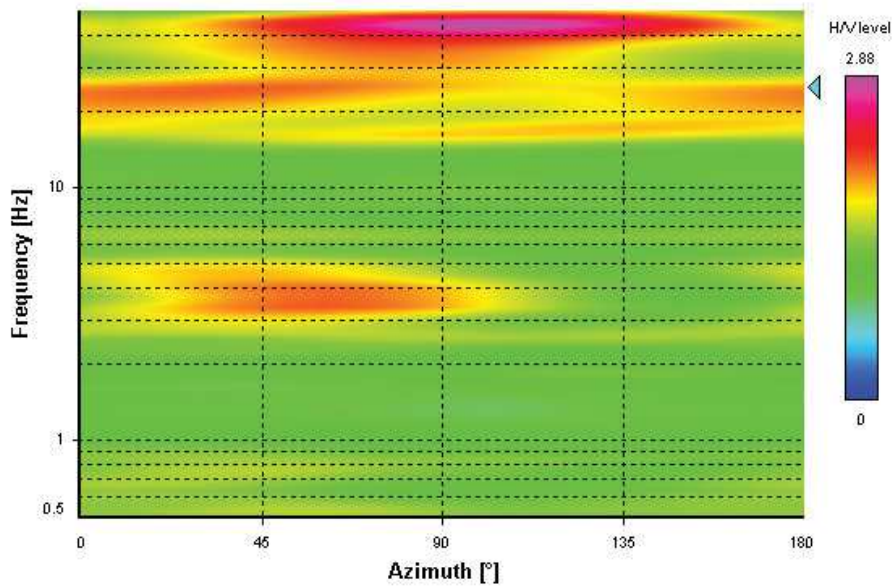




### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis





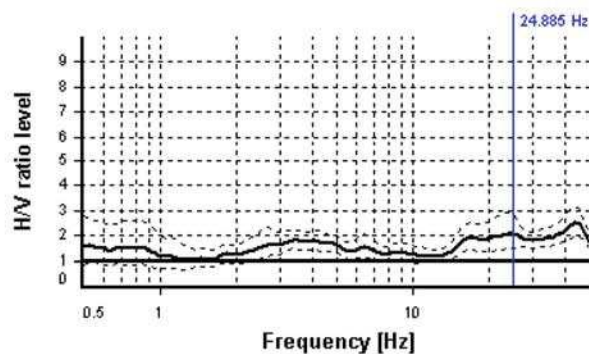
## SESAME CRITERIA

### Selected $f_0$ frequency

24.885 Hz

$A_0$  amplitude = 2.078

Average  $f_0$  =  $25.367 \pm 4.363$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	47 valid windows (length > 0.4 s) out of 47	OK
$n_c(f_0) > 200$	23392.01 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.08 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.76% $\leq$ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.3634 $\geq$ 1.24426	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.36357 < 1.58	OK
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>NO</b>

## STATION INFORMATION

*Station code:* HV1

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* HV3

*Address:* Via Lavino Calderino (BO)

*Latitude:* 44.453663

*Longitude:* 11.194941

*Coordinate system:* WGS84

*Elevation:* 136 m s.l.m.

*Weather:* Nuvoloso; vento assente

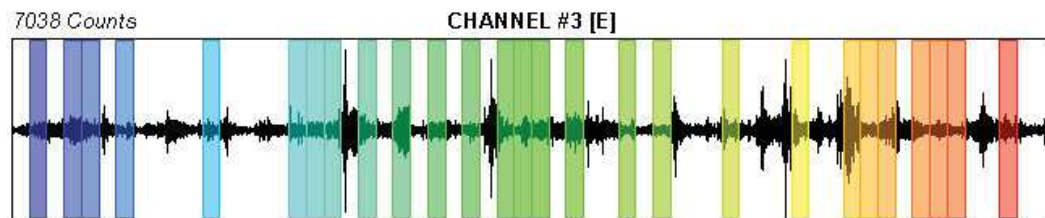
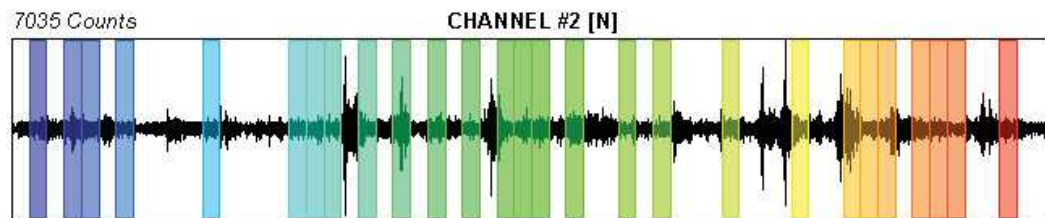
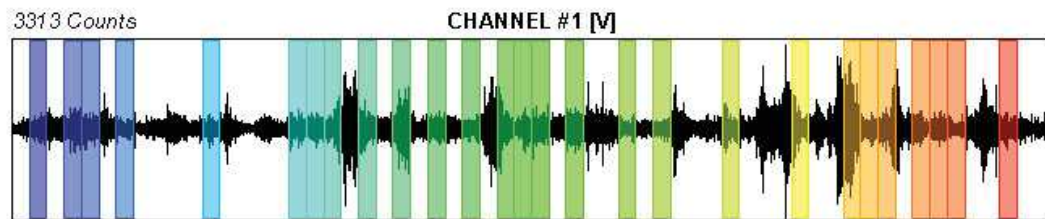
*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 200 Hz  
*Recording start time:* 2018/11/16 14:19:36  
*Recording length:* 20 min  
*Windows count:* 27  
*Average window s length:* 20  
*Signal coverage:* 45%



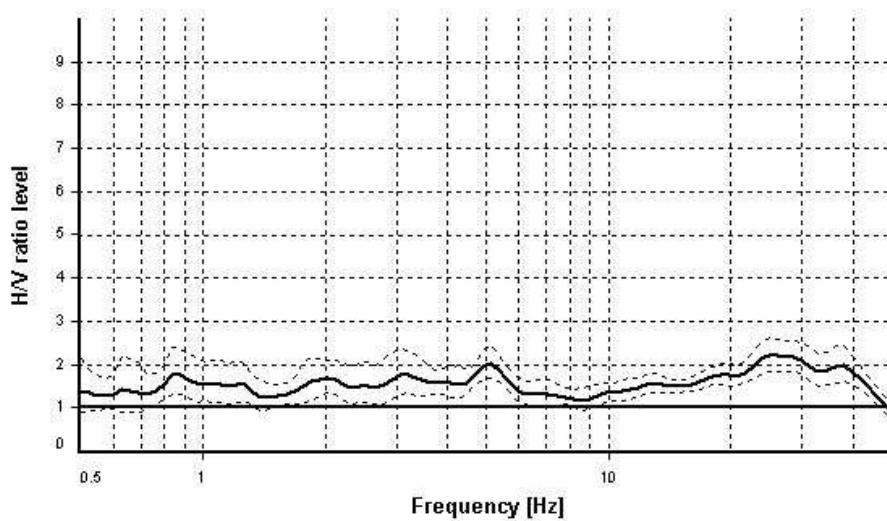
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

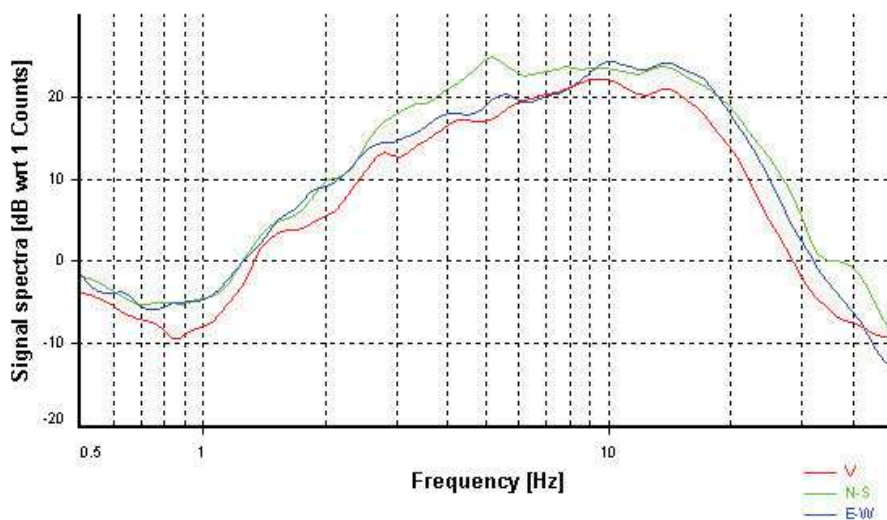
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

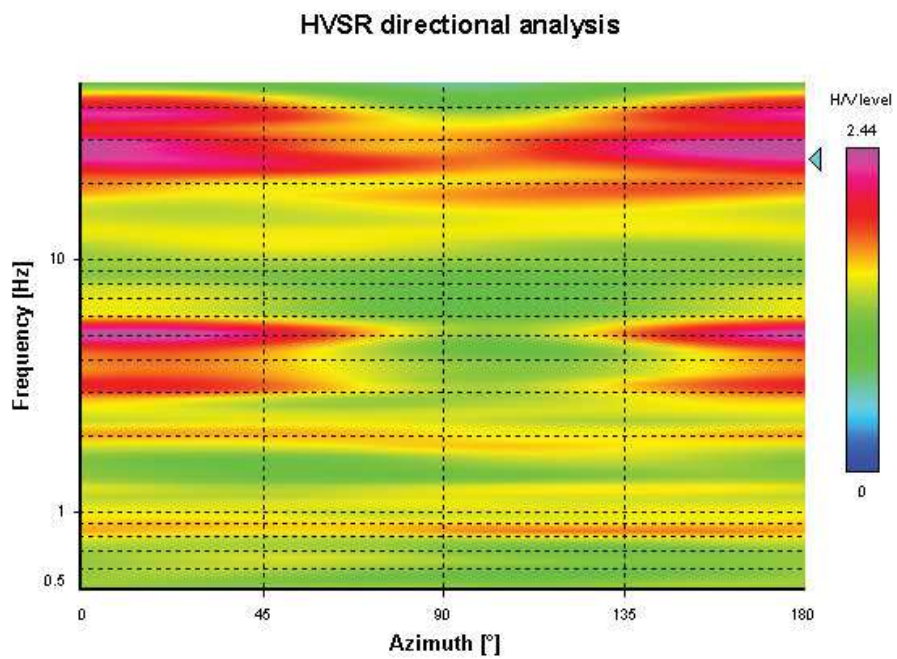
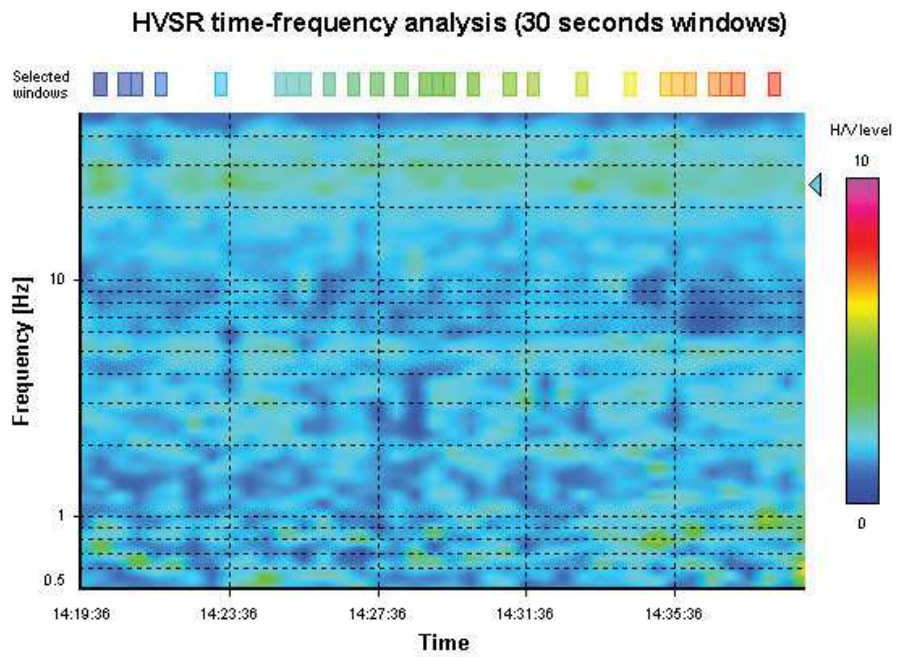
### HVSR average



### Signal spectra average









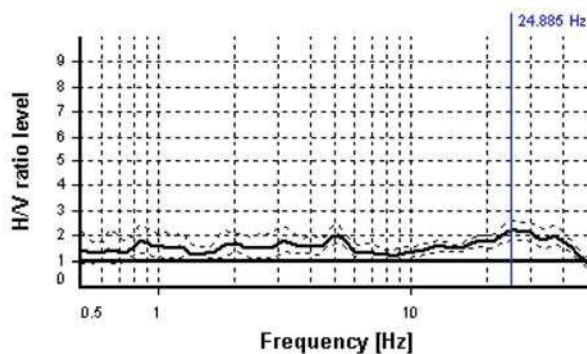
## SESAME CRITERIA

### Selected $f_0$ frequency

24.885 Hz

$A_0$  amplitude = 2.193

Average  $f_0 = 26.777 \pm 3.026$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	27 valid windows (length > 0.4 s) out of 27	OK
$n_c(f_0) > 200$	13437.96 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	47.72742 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.19 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.76% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.02583 >= 1.24426	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19242 < 1.58	OK
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>NO</b>

## VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono state eseguite considerando il profilo di massima pendenza lungo le due vallecicole oggetto di studio (Sezione 1 vallecicola posta a Nord Est e Sezione 2 vallecicola posta a Sud Ovest) ed ipotizzando diverse condizioni a contorno, rappresentative sia dello stato di fatto, sia dello stato ipotetico dei lavori (solamente per la Sezione 1). Nello specifico, le verifiche sono state effettuate considerando gli effetti anche di un potenziale sisma e valutando gli effetti dovuti al possibile innalzamento della falda sino al p.c.. Per ciascuna verifica sono state analizzate più di 100 superfici. L'insieme dei calcoli ha messo in evidenza le condizioni di stabilità delle due vallecicole interessate da fenomeni di erosione della coltre detritica superficiale. Queste, infatti, hanno restituito tutti valori di  $F_s > 1.1$  sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche, sempre con la falda al piano campagna. In tabella vengono riportati tutti i valori di  $F_s$  minimi calcolati nelle varie verifiche.

	Condizioni dinamiche ( $F_s$ )	Condizioni statiche ( $F_s$ )
Verifica 1 - 2 Sezione 1	1.56	1.45
Verifica 3 - 4 Sezione 1	1.91	1.82
Verifica 5 - 6 Sezione 1	1.66	1.5
Verifica 7 - 8 Sezione 2	1.12	1.10

### Verifica 1 - Sezione 1 - Stato di fatto con falda al p.c. e sisma

#### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-51.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	489.84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.03 m
Ordinata vertice destro superiore ys	502.11 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.085

Coefficiente azione sismica verticale 0.043

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	455.59
3	-37.23	458.15
4	-36.24	458.48
5	-35.05	458.82
6	-34.72	459.06
7	-34.63	459.06
8	-33.65	460.67
9	-33.27	460.98
10	-32.32	461.17
11	-31.9	461.44
12	-30.74	461.5
13	-29.07	461.89
14	-27.67	462.59
15	-23.89	464.3
16	-20.66	465.77
17	-16.89	467.56
18	-13.71	469.08
19	-12.71	469.5
20	-11.87	469.91
21	-9.58	470.97
22	-7.3	472.03
23	-5.08	472.83
24	0.04	474.88
25	1.56	475.41
26	4.43	476.52
27	7.85	478.02
28	8.66	478.84
29	10.25	479.58
30	13.13	480.95

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.33
2	-41.67	455.58
3	-37.23	458.14
4	-36.24	458.47
5	-35.05	458.81
6	-34.72	459.05
7	-34.63	459.05
8	-33.65	460.66
9	-33.27	460.97
10	-32.32	461.16
11	-31.9	461.43
12	-30.74	461.49
13	-29.07	461.88
14	-27.67	462.58
15	-23.89	464.29
16	-20.66	465.76
17	-16.89	467.55
18	-13.71	469.07
19	-12.71	469.49

20	-11.87	469.9
21	-9.58	470.96
22	-7.3	472.02
23	-5.08	472.82
24	0.04	474.87
25	1.56	475.4
26	4.43	476.51
27	7.85	478.01
28	8.66	478.83
29	10.25	479.57
30	13.13	480.94

**Vertici strato 1**

N	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	454.6
3	-38.05	456.71
4	-31.17	460.18
5	-11.54	469.76
6	0.41	474.54
7	13.13	479.32

**Vertici strato 2**

N	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	452.04
3	-38.16	453.68
4	-28.4	458.43
5	-21.5	461.53
6	-11.54	466.16
7	0.41	471.94
8	5.97	474.02
9	13.13	476.75

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850	
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950	
3	1	2.5	24	2000.00	2100	

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

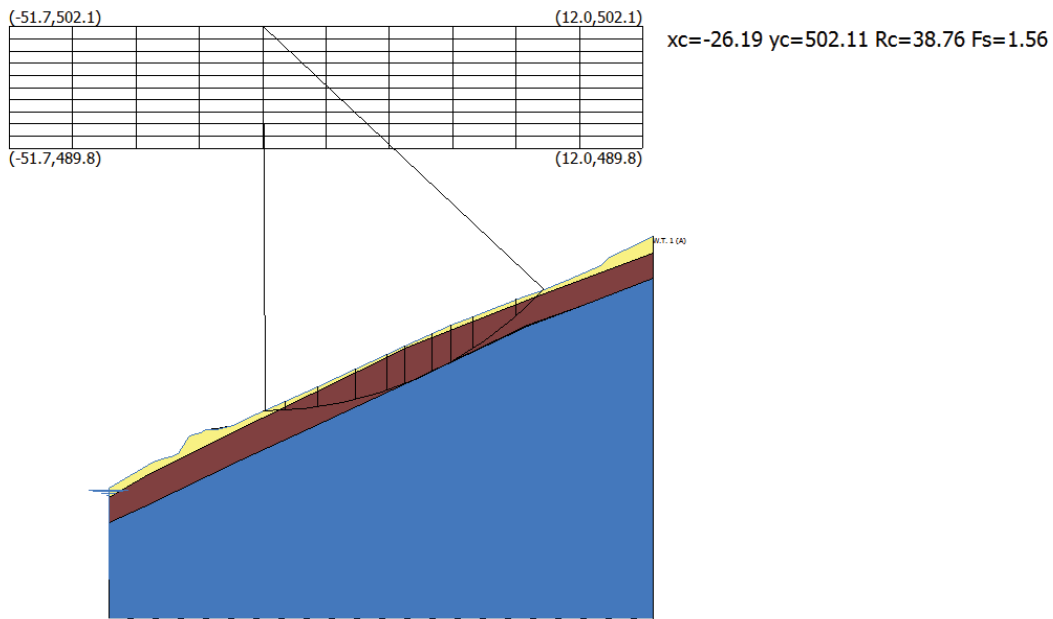
Fs minimo individuato	1.56
Ascissa centro superficie	-26.19 m
Ordinata centro superficie	502.11 m
Raggio superficie	38.76 m

xc = -26.186 yc = 502.109 Rc = 38.756 Fs=1.563

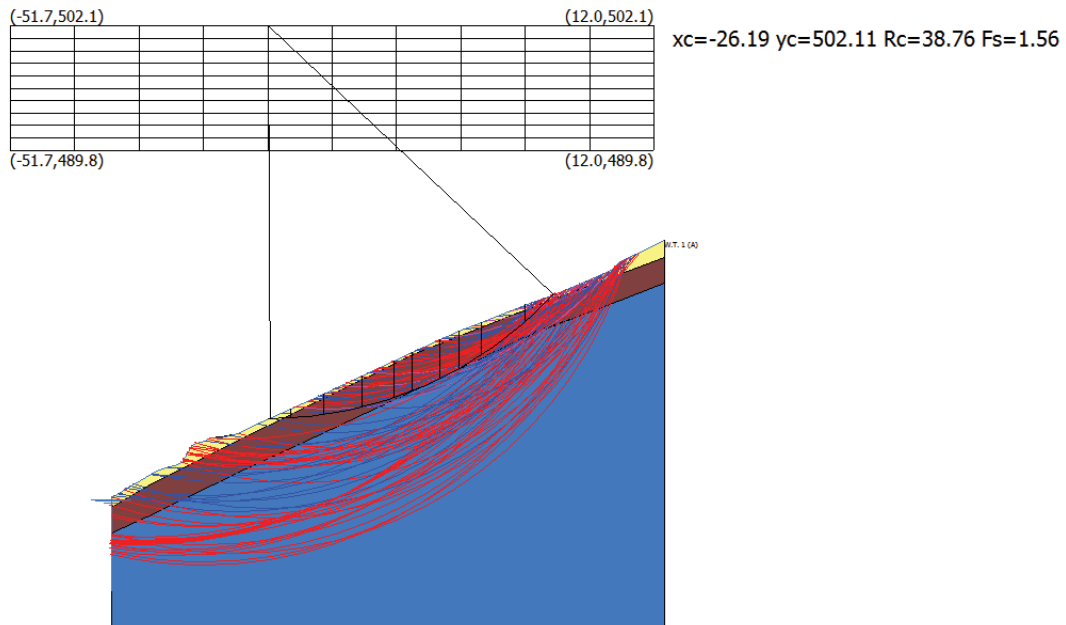
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh·Wi (Kg)	Kv·Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.08	1.9	2.08	1739.25	147.84	74.79	0.05	20.0	924.4	883.9	204.1
2	3.23	5.8	3.24	9160.52	778.64	393.9	0.21	21.0	0.0	9427.0	1699.6
3	3.78	11.0	3.85	18940.57	1609.95	814.44	0.21	21.0	0.0	19081.3	5206.6
4	3.17	16.3	3.31	20949.2	1780.68	900.82	0.21	21.0	0.0	20467.9	7599.0
5	1.85	20.2	1.97	13370.03	1136.45	574.91	0.21	21.0	0.0	12691.9	5689.2
6	2.74	23.9	3.02	595.11	1750.58	885.59	0.21	21.0	0.0	18929.3	9944.9
7	1.82	27.6	2.06	13536.34	1150.59	582.06	0.21	21.0	0.0	11973.6	7298.7
8	2.22	31.1	2.61	5143.58	1287.21	651.17	0.21	21.0	0.0	12862.2	8920.9
9	4.37	37.1	5.48	21704.71	1844.9	933.3	0.21	21.0	0.0	16954.2	14551.8
10	2.81	44.0	3.9	4858.7	412.99	208.92	0.21	21.0	0.0	3358.3	3672.4

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs minimo



### Fs tutte le superfici





## Verifica 2 - Sezione 1 - Stato di fatto senza sisma e falda al p.c.

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

=====	
Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

### Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-51.66 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	489.84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	12.03 m
Ordinata vertice destro superiore ys	502.11 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	455.59
3	-37.23	458.15
4	-36.24	458.48
5	-35.05	458.82
6	-34.72	459.06
7	-34.63	459.06
8	-33.65	460.67
9	-33.27	460.98
10	-32.32	461.17

11	-31.9	461.44
12	-30.74	461.5
13	-29.07	461.89
14	-27.67	462.59
15	-23.89	464.3
16	-20.66	465.77
17	-16.89	467.56
18	-13.71	469.08
19	-12.71	469.5
20	-11.87	469.91
21	-9.58	470.97
22	-7.3	472.03
23	-5.08	472.83
24	0.04	474.88
25	1.56	475.41
26	4.43	476.52
27	7.85	478.02
28	8.66	478.84
29	10.25	479.58
30	13.13	480.95

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.33
2	-41.67	455.58
3	-37.23	458.14
4	-36.24	458.47
5	-35.05	458.81
6	-34.72	459.05
7	-34.63	459.05
8	-33.65	460.66
9	-33.27	460.97
10	-32.32	461.16
11	-31.9	461.43
12	-30.74	461.49
13	-29.07	461.88
14	-27.67	462.58
15	-23.89	464.29
16	-20.66	465.76
17	-16.89	467.55
18	-13.71	469.07
19	-12.71	469.49
20	-11.87	469.9
21	-9.58	470.96
22	-7.3	472.02
23	-5.08	472.82
24	0.04	474.87
25	1.56	475.4
26	4.43	476.51
27	7.85	478.01
28	8.66	478.83
29	10.25	479.57
30	13.13	480.94

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	454.6
3	-38.05	456.71
4	-31.17	460.18
5	-11.54	469.76
6	0.41	474.54
7	13.13	479.32

## Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	-41.67	446.34
2	-41.67	452.04
3	-38.16	453.68
4	-28.4	458.43
5	-21.5	461.53
6	-11.54	466.16
7	0.41	471.94
8	5.97	474.02
9	13.13	476.75

## Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

## Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

## Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850	
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950	
3	1	2.5	24	2000.00	2100	

## Risultati analisi pendio [NTC 2018]

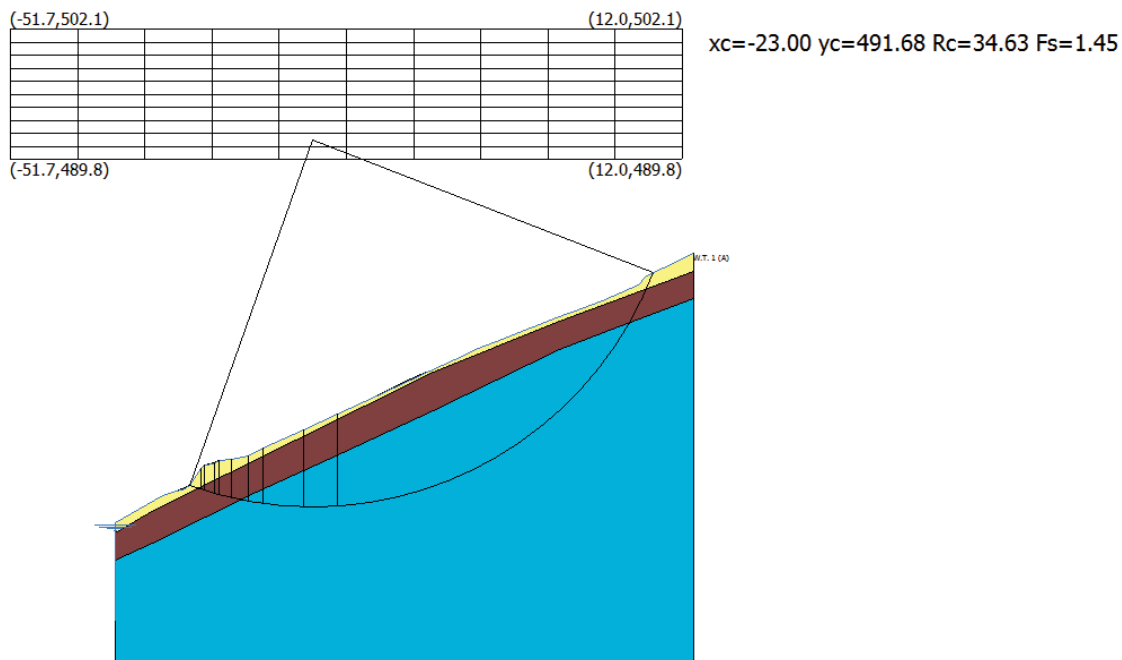
Fs minimo individuato	1.45
Ascissa centro superficie	-23.0 m
Ordinata centro superficie	491.68 m
Raggio superficie	34.63 m

**xc = -23.001 yc = 491.679 Rc = 34.632 Fs=1.453**

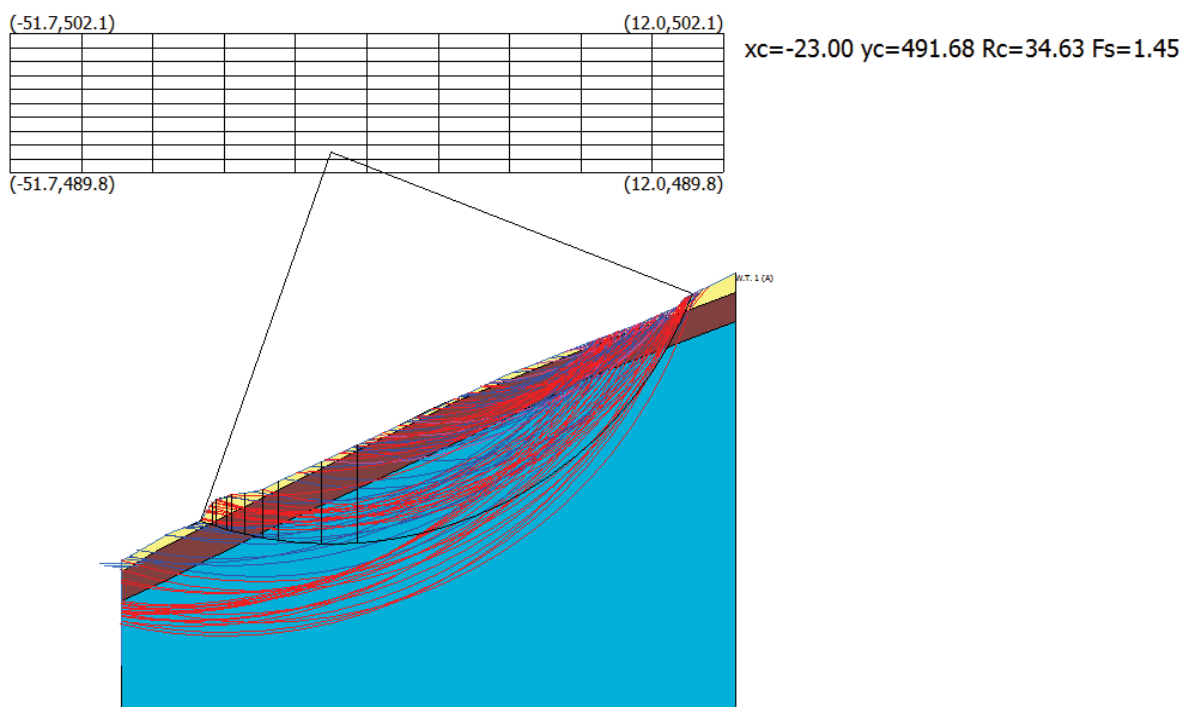
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.99	-18.8	1.04	1780.37	0.0	0.0	0.04	16.2	1006.7	679.1	-572.6
2	0.38	-17.6	0.4	1531.51	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	1459.9	-462.8
3	0.95	-16.4	0.99	4667.9	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	4477.5	-1319.5
4	0.42	-15.3	0.44	2425.06	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	2339.6	-638.0
5	1.15	-13.9	1.19	7520.07	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	7299.4	-1808.3
6	1.67	-11.5	1.71	12754.27	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	12497.9	-2544.2
7	1.4	-8.9	1.42	13167.96	0.0	0.0	0.8	19.6	0.0	13008.7	-2041.6
8	3.78	-4.6	3.79	47458.04	0.0	0.0	0.8	19.6	0.0	47304.7	-3812.2
9	3.23	1.2	3.23	52038.45	0.0	0.0	0.8	19.6	0.0	52027.0	1092.3
10	29.94	36.3	37.15	669159.2	0.0	0.0	0.8	19.6	0.05	39211.2	396264.2

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs minimo



### Fs tutte le superfici



## Verifica 3 - Sezione 1 - Ipotesi lavori con falda al p.c. e sisma

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.1 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	35.08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	47.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.49 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.085
Coefficiente azione sismica verticale	0.043

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.89
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18

9	7.94	9.71
10	10.94	9.71
11	11.44	10.21
12	11.94	10.71
13	12.44	11.74
14	15.44	11.74
15	16.44	12.74
16	16.94	13.77
17	19.94	13.77
18	20.94	14.77
19	21.44	15.8
20	24.44	15.8
21	25.44	16.8
22	25.97	17.82
23	28.97	17.82
24	29.94	18.82
25	30.44	19.85
26	33.44	19.85
27	34.94	21.35
28	43.06	24.35
29	43.96	25.97
30	46.4	27.16

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.01
2	0.0	5.88
3	1.94	6.3
4	3.7	6.67
5	5.06	7.17
6	5.44	7.67
7	6.44	7.67
8	7.94	9.17
9	7.94	9.7
10	10.94	9.7
11	11.44	10.2
12	11.94	10.7
13	12.44	11.73
14	15.44	11.73
15	16.44	12.73
16	16.94	13.76
17	19.94	13.76
18	20.94	14.76
19	21.44	15.79
20	24.44	15.79
21	25.44	16.79
22	25.97	17.81
23	28.97	17.81
24	29.94	18.81
25	30.44	19.84
26	33.44	19.84
27	34.94	21.34
28	43.06	24.34
29	43.96	25.96
30	46.4	27.15

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.32
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18



9	7.94	9.23
10	8.91	9.71
11	10.94	9.71
12	11.44	10.21
13	11.94	10.71
14	12.24	11.33
15	13.07	11.74
16	15.44	11.74
17	15.94	12.24
18	16.44	12.74
19	16.85	13.58
20	17.23	13.77
21	19.94	13.77
22	20.94	14.77
23	21.44	15.8
24	24.44	15.8
25	25.44	16.8
26	25.86	17.61
27	26.39	17.82
28	28.97	17.82
29	29.94	18.82
30	30.19	19.35
31	31.46	19.85
32	33.44	19.85
33	34.71	21.13
34	46.4	25.52

#### Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	2.29
3	4.87	4.63
4	11.77	7.73
5	21.73	12.36
6	27.21	14.97
7	33.68	18.14
8	46.4	22.95

#### Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

=====

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25  
Coesione efficace 1.25  
Coesione non drenata 1.4  
Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850		
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950		
3	1	2.5	24	2000.00	2100		

#### Risultati analisi pendio [NTC2018]

=====

Fs minimo individuato 1.91  
Ascissa centro superficie 9.63 m  
Ordinata centro superficie 35.08 m  
Raggio superficie 25.69 m

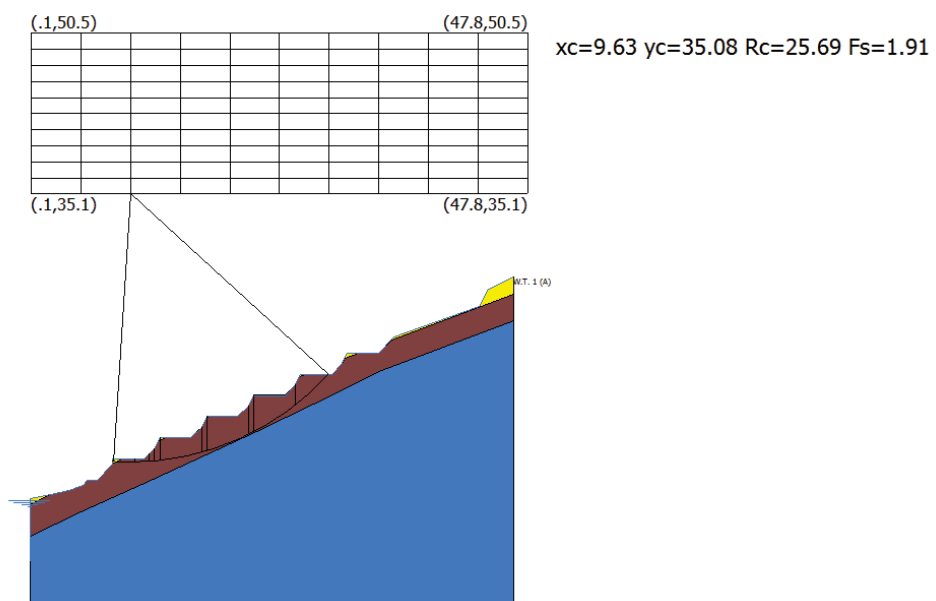
=====

**xc = 9.631 yc = 35.082 Rc = 25.691 Fs=1.913**

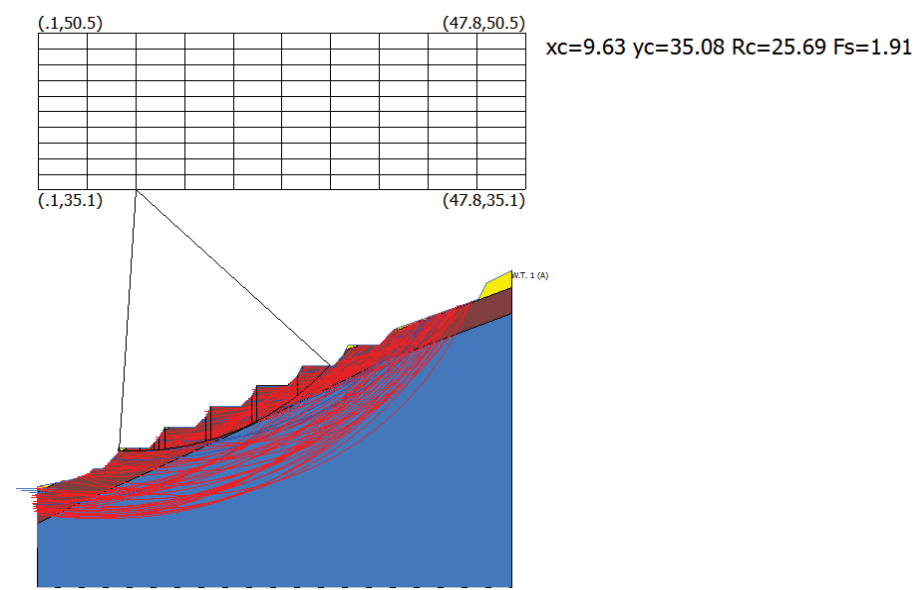
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.07	-1.4	2.07	1247.31	106.02	53.63	0.21	21.0	0.0	1303.2	75.2
2	1.4	2.5	1.41	802.99	68.25	34.53	0.21	21.0	0.0	833.8	102.7
3	0.5	4.6	0.51	970.07	82.46	41.71	0.21	21.0	0.0	1001.9	159.9
4	0.5	5.7	0.5	1648.99	140.16	70.91	0.21	21.0	0.0	1697.4	303.6
5	4.0	10.8	4.07	14761.83	1254.76	634.76	0.21	21.0	0.0	14887.7	4002.2
6	0.5	15.9	0.52	2800.77	238.07	120.43	0.21	21.0	0.0	2743.5	998.1
7	4.0	21.3	4.29	20519.05	1744.12	882.32	0.21	21.0	0.0	19303.8	9082.8
8	0.5	26.7	0.56	3065.52	260.57	131.82	0.21	21.0	0.0	2738.4	1611.6
9	4.0	32.7	4.75	18560.04	1577.6	798.08	0.21	21.0	0.0	15445.9	11344.3
10	3.23	42.9	4.41	232.75	869.78	440.01	0.21	21.0	0.0	7228.6	7600.7

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs minimo



### Fs tutte le superfici



## Verifica 4 - Sezione 1 - Ipotesi lavori con falda al p.c. e senza sisma

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.1 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	35.08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	47.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.49 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.89
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18
9	7.94	9.71
10	10.94	9.71

11	11.44	10.21
12	11.94	10.71
13	12.44	11.74
14	15.44	11.74
15	16.44	12.74
16	16.94	13.77
17	19.94	13.77
18	20.94	14.77
19	21.44	15.8
20	24.44	15.8
21	25.44	16.8
22	25.97	17.82
23	28.97	17.82
24	29.94	18.82
25	30.44	19.85
26	33.44	19.85
27	34.94	21.35
28	43.06	24.35
29	43.96	25.97
30	46.4	27.16

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.01
2	0.0	5.88
3	1.94	6.3
4	3.7	6.67
5	5.06	7.17
6	5.44	7.67
7	6.44	7.67
8	7.94	9.17
9	7.94	9.7
10	10.94	9.7
11	11.44	10.2
12	11.94	10.7
13	12.44	11.73
14	15.44	11.73
15	16.44	12.73
16	16.94	13.76
17	19.94	13.76
18	20.94	14.76
19	21.44	15.79
20	24.44	15.79
21	25.44	16.79
22	25.97	17.81
23	28.97	17.81
24	29.94	18.81
25	30.44	19.84
26	33.44	19.84
27	34.94	21.34
28	43.06	24.34
29	43.96	25.96
30	46.4	27.15

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.32
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18
9	7.94	9.23
10	8.91	9.71

11	10.94	9.71
12	11.44	10.21
13	11.94	10.71
14	12.24	11.33
15	13.07	11.74
16	15.44	11.74
17	15.94	12.24
18	16.44	12.74
19	16.85	13.58
20	17.23	13.77
21	19.94	13.77
22	20.94	14.77
23	21.44	15.8
24	24.44	15.8
25	25.44	16.8
26	25.86	17.61
27	26.39	17.82
28	28.97	17.82
29	29.94	18.82
30	30.19	19.35
31	31.46	19.85
32	33.44	19.85
33	34.71	21.13
34	46.4	25.52

### Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	2.29
3	4.87	4.63
4	11.77	7.73
5	21.73	12.36
6	27.21	14.97
7	33.68	18.14
8	46.4	22.95

### Coefficienti parziali azioni

=====  
Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
=====

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====  
Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25  
Coesione efficace 1.25  
Coesione non drenata 1.4  
Riduzione parametri geotecnici terreno Si  
=====

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850		
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950		
3	1	2.5	24	2000.00	2100		

### Risultati analisi pendio [NTC2018]

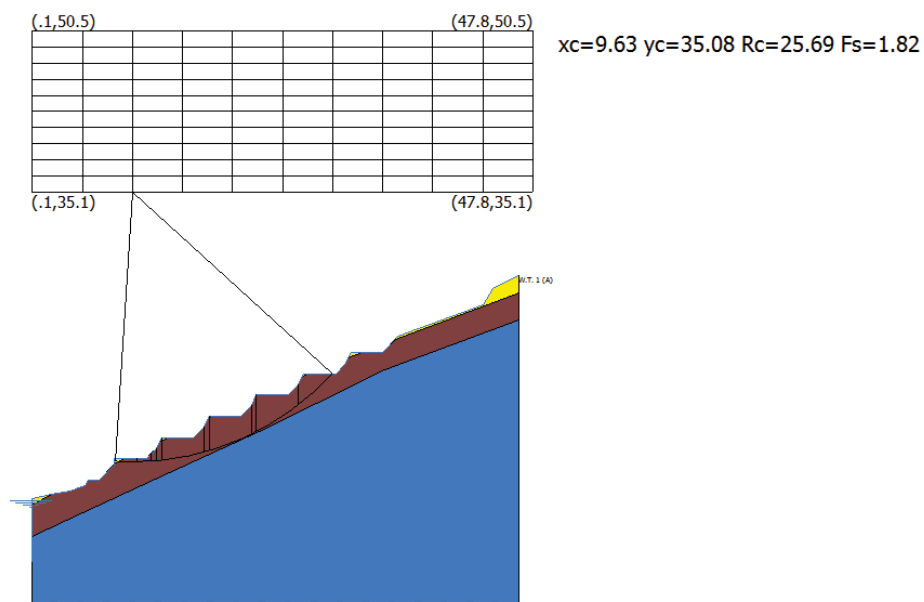
=====  
Fs minimo individuato 1.82  
Ascissa centro superficie 9.63 m  
Ordinata centro superficie 35.08 m  
Raggio superficie 25.69 m  
=====

**xc = 9.631 yc = 35.082 Rc = 25.691 Fs=1.821**

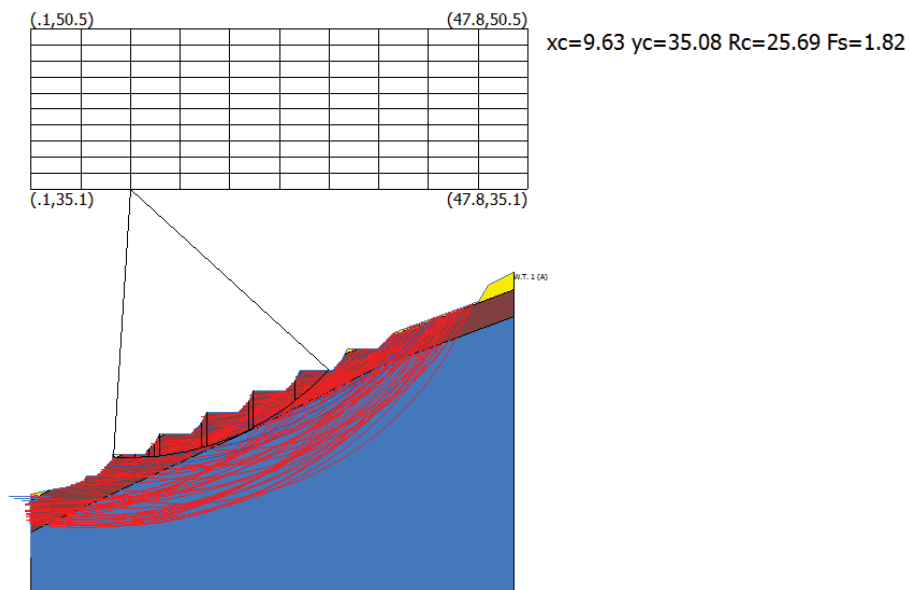
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh·Wi (Kg)	Kv·Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.07	-1.4	2.07	1247.31	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	1246.9	-30.8
2	1.4	2.5	1.41	802.99	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	802.2	34.5
3	0.5	4.6	0.51	970.07	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	967.0	77.7
4	0.5	5.7	0.5	1648.99	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	1640.8	164.2
5	4.0	10.8	4.07	14761.83	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	14499.7	2769.7
6	0.5	15.9	0.52	2800.77	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	2693.1	769.2
7	4.0	21.3	4.29	20519.05	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	19115.7	7458.0
8	0.5	26.7	0.56	3065.52	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	2737.9	1378.9
9	4.0	32.7	4.75	18560.04	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	15625.3	10016.2
10	3.23	42.9	4.41	232.75	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	7498.1	6963.3

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs Minimo



### Fs tutte le superfici





## Verifica 5 - Sezione 1 - Ipotesi lavori con falda al p.c. e sisma

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	41.11 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	26.35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	42.66 m
Ordinata vertice destro superiore ys	27.9 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.085
Coefficiente azione sismica verticale	0.043

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.89
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18

9	7.94	9.71
10	10.94	9.71
11	11.44	10.21
12	11.94	10.71
13	12.44	11.74
14	15.44	11.74
15	16.44	12.74
16	16.94	13.77
17	19.94	13.77
18	20.94	14.77
19	21.44	15.8
20	24.44	15.8
21	25.44	16.8
22	25.97	17.82
23	28.97	17.82
24	29.94	18.82
25	30.44	19.85
26	33.44	19.85
27	34.94	21.35
28	43.06	24.35
29	43.96	25.97
30	46.4	27.16

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.01
2	0.0	5.88
3	1.94	6.3
4	3.7	6.67
5	5.06	7.17
6	5.44	7.67
7	6.44	7.67
8	7.94	9.17
9	7.94	9.7
10	10.94	9.7
11	11.44	10.2
12	11.94	10.7
13	12.44	11.73
14	15.44	11.73
15	16.44	12.73
16	16.94	13.76
17	19.94	13.76
18	20.94	14.76
19	21.44	15.79
20	24.44	15.79
21	25.44	16.79
22	25.97	17.81
23	28.97	17.81
24	29.94	18.81
25	30.44	19.84
26	33.44	19.84
27	34.94	21.34
28	43.06	24.34
29	43.96	25.96
30	46.4	27.15

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.32
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18

9	7.94	9.23
10	8.91	9.71
11	10.94	9.71
12	11.44	10.21
13	11.94	10.71
14	12.24	11.33
15	13.07	11.74
16	15.44	11.74
17	15.94	12.24
18	16.44	12.74
19	16.85	13.58
20	17.23	13.77
21	19.94	13.77
22	20.94	14.77
23	21.44	15.8
24	24.44	15.8
25	25.44	16.8
26	25.86	17.61
27	26.39	17.82
28	28.97	17.82
29	29.94	18.82
30	30.19	19.35
31	31.46	19.85
32	33.44	19.85
33	34.71	21.13
34	46.4	25.52

#### Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	2.29
3	4.87	4.63
4	11.77	7.73
5	21.73	12.36
6	27.21	14.97
7	33.68	18.14
8	46.4	22.95

#### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850		
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950		
3	1	2.5	24	2000.00	2100		

#### Risultati analisi pendio [NTC2018]

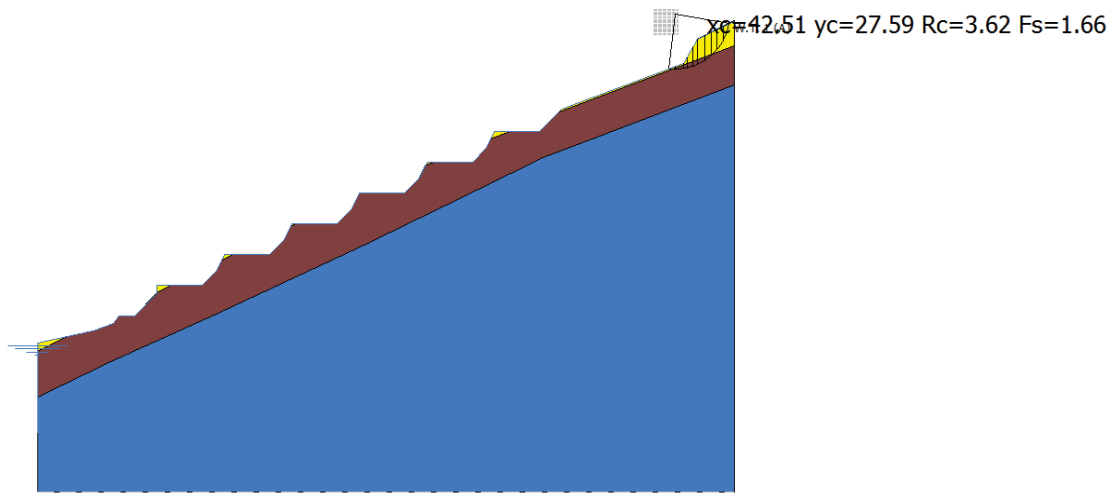
Fs minimo individuato	1.66
Ascissa centro superficie	42.51 m
Ordinata centro superficie	27.59 m
Raggio superficie	3.62 m

**xc = 42.508 yc = 27.588 Rc = 3.623 Fs=1.661**

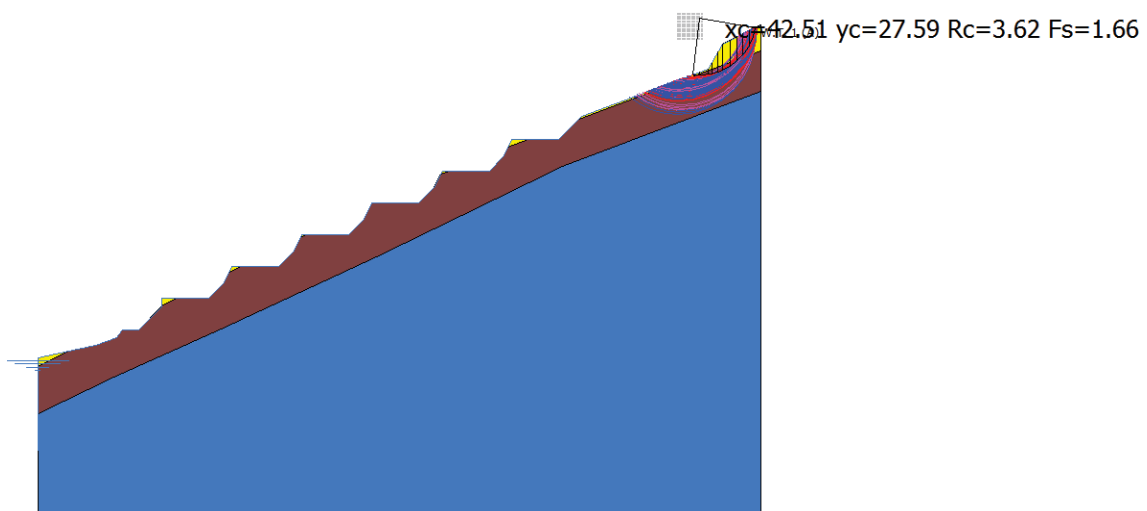
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.4	-3.7	0.4	68.18	5.8	2.93	0.05	20.0	30.9	40.4	1.4
2	0.58	4.1	0.58	302.08	25.68	12.99	0.21	21.0	0.0	312.4	47.3
3	0.22	10.5	0.22	220.6	18.75	9.49	0.21	21.0	0.0	222.8	58.7
4	0.4	15.6	0.42	760.64	64.65	32.71	0.21	21.0	0.0	746.9	266.4
5	0.28	21.3	0.3	802.15	68.18	34.49	0.21	21.0	0.0	754.9	354.5
6	0.52	28.3	0.59	1644.32	139.77	70.71	0.21	21.0	0.0	1443.2	903.5
7	0.4	37.0	0.5	1216.8	103.43	52.32	0.21	21.0	0.0	952.0	814.2
8	0.4	45.4	0.57	1094.82	93.06	47.08	0.05	20.0	840.0	-105.1	845.4
9	0.4	55.6	0.71	882.13	74.98	37.93	0.05	20.0	836.9	-378.6	770.0
10	0.4	70.9	1.23	469.37	39.9	20.18	0.05	20.0	761.0	-638.8	456.6

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs Minimo



### Fs tutte le superfici



## Verifica 6 - Sezione 1 - Ipotesi lavori senza sisma e falda al p.c.

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	41.11 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	26.35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	42.66 m
Ordinata vertice destro superiore ys	27.9 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.89
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18
9	7.94	9.71
10	10.94	9.71

11	11.44	10.21
12	11.94	10.71
13	12.44	11.74
14	15.44	11.74
15	16.44	12.74
16	16.94	13.77
17	19.94	13.77
18	20.94	14.77
19	21.44	15.8
20	24.44	15.8
21	25.44	16.8
22	25.97	17.82
23	28.97	17.82
24	29.94	18.82
25	30.44	19.85
26	33.44	19.85
27	34.94	21.35
28	43.06	24.35
29	43.96	25.97
30	46.4	27.16

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.01
2	0.0	5.88
3	1.94	6.3
4	3.7	6.67
5	5.06	7.17
6	5.44	7.67
7	6.44	7.67
8	7.94	9.17
9	7.94	9.7
10	10.94	9.7
11	11.44	10.2
12	11.94	10.7
13	12.44	11.73
14	15.44	11.73
15	16.44	12.73
16	16.94	13.76
17	19.94	13.76
18	20.94	14.76
19	21.44	15.79
20	24.44	15.79
21	25.44	16.79
22	25.97	17.81
23	28.97	17.81
24	29.94	18.81
25	30.44	19.84
26	33.44	19.84
27	34.94	21.34
28	43.06	24.34
29	43.96	25.96
30	46.4	27.15

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	5.32
3	1.94	6.31
4	3.7	6.68
5	5.06	7.18
6	5.44	7.68
7	6.44	7.68
8	7.94	9.18
9	7.94	9.23
10	8.91	9.71



11	10.94	9.71
12	11.44	10.21
13	11.94	10.71
14	12.24	11.33
15	13.07	11.74
16	15.44	11.74
17	15.94	12.24
18	16.44	12.74
19	16.85	13.58
20	17.23	13.77
21	19.94	13.77
22	20.94	14.77
23	21.44	15.8
24	24.44	15.8
25	25.44	16.8
26	25.86	17.61
27	26.39	17.82
28	28.97	17.82
29	29.94	18.82
30	30.19	19.35
31	31.46	19.85
32	33.44	19.85
33	34.71	21.13
34	46.4	25.52

#### Vertici strato .2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	2.29
3	4.87	4.63
4	11.77	7.73
5	21.73	12.36
6	27.21	14.97
7	33.68	18.14
8	46.4	22.95

#### Coefficienti parziali azioni

=====  
Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
=====

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====  
Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25  
Coesione efficace 1.25  
Coesione non drenata 1.4  
Riduzione parametri geotecnici terreno Si  
=====

#### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1850		
2	0.21	0.8	21	1850.00	1950		
3	1	2.5	24	2000.00	2100		

#### Risultati analisi pendio [NTC2018]

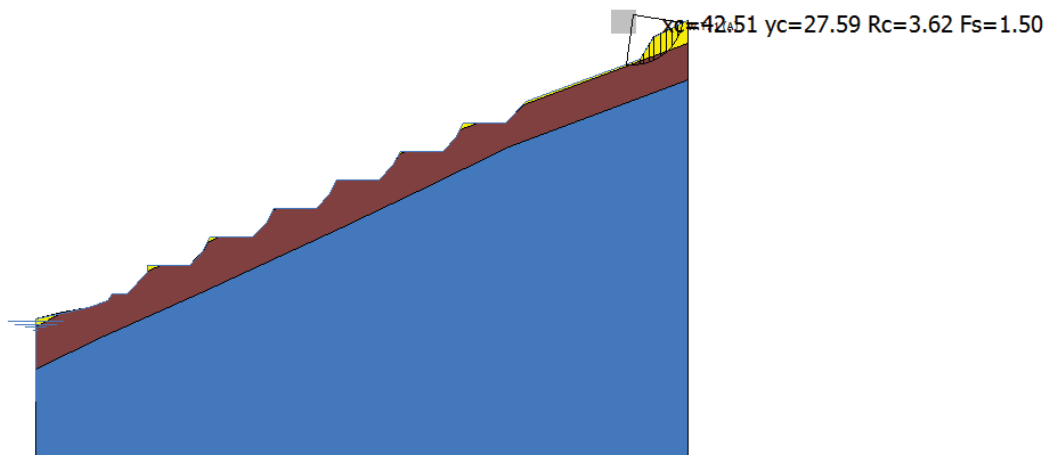
=====  
Fs minimo individuato 1.5  
Ascissa centro superficie 42.51 m  
Ordinata centro superficie 27.59 m  
Raggio superficie 3.62 m  
=====

**xc = 42.508 yc = 27.588 Rc = 3.623 Fs=1.501**

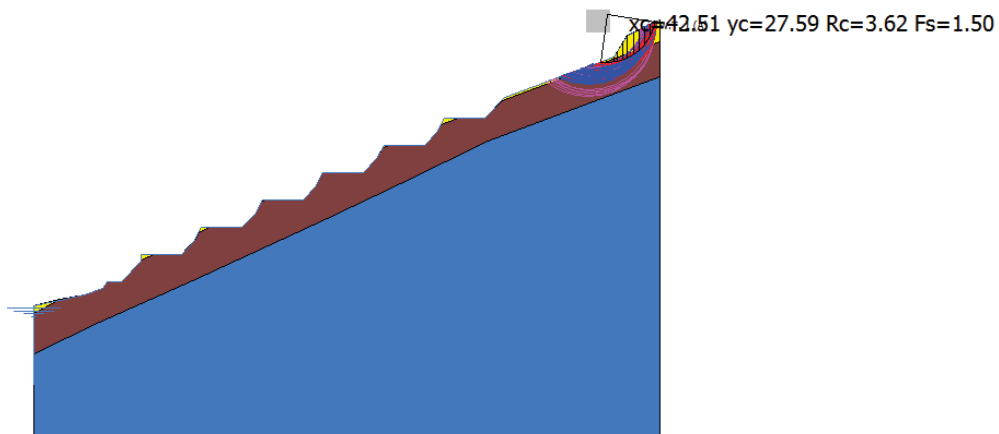
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh·Wi (Kg)	Kv·Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.4	-3.7	0.4	68.18	0.0	0.0	0.04	16.2	30.9	37.1	-4.4
2	0.58	4.1	0.58	302.08	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	301.3	21.7
3	0.22	10.5	0.22	220.6	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	216.9	40.2
4	0.4	15.6	0.42	760.64	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	732.7	204.2
5	0.28	21.3	0.3	802.15	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	747.5	291.0
6	0.52	28.3	0.59	1644.32	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	1447.3	780.5
7	0.4	37.0	0.5	1216.8	0.0	0.0	0.17	17.1	0.0	972.4	731.5
8	0.4	45.4	0.57	1094.82	0.0	0.0	0.04	16.2	840.0	-71.8	780.1
9	0.4	55.6	0.71	882.13	0.0	0.0	0.04	16.2	836.9	-338.2	727.7
10	0.4	70.9	1.23	469.37	0.0	0.0	0.04	16.2	761.0	-607.6	443.6

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

### Fs minimo



### Fs tutte le superfici



## VERIFICA 7 - SEZIONE 2 - Stato di fatto con falda al p.c. e sisma

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	293.34 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	482.15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	367.64 m
Ordinata vertice destro superiore ys	498.97 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.085
Coefficiente azione sismica verticale	0.043

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	449.18
3	294.43	449.86
4	296.41	450.35
5	297.08	450.79
6	298.5	451.2
7	299.88	451.28

8	301.42	451.79
9	302.3	452.03
10	303.42	452.32
11	303.97	452.31
12	305.33	453.01
13	307.02	453.35
14	309.38	453.98
15	310.33	454.3
16	310.47	454.81
17	313.98	455.32
18	314.15	455.81
19	314.75	455.84
20	315.5	456.29
21	318.9	457.01
22	320.36	457.36
23	322.11	457.65
24	323.88	458.28
25	325.93	458.79
26	327.78	459.18
27	329.02	459.37
28	329.96	459.74
29	330.7	459.74
30	332.0	460.08
31	333.71	460.57
32	334.82	460.97
33	336.41	461.64
34	337.62	462.35
35	338.42	462.64
36	340.67	463.18
37	342.94	463.68
38	343.11	464.11
39	348.47	465.32
40	352.07	465.74
41	356.33	466.92
42	358.13	467.54
43	359.56	468.36
44	359.7	469.1
45	361.17	469.7
46	364.97	470.48
47	368.63	471.59
48	373.66	473.35
49	377.1	474.66
50	378.03	474.88

#### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	292.75	442.94
2	292.75	449.17
3	294.43	449.85
4	296.41	450.34
5	297.08	450.78
6	298.5	451.19
7	299.88	451.27
8	301.42	451.78
9	302.3	452.02
10	303.42	452.31
11	303.97	452.3
12	305.33	453.0
13	307.02	453.34
14	309.38	453.97
15	310.33	454.29
16	310.47	454.8
17	313.98	455.31
18	314.15	455.8
19	314.75	455.83
20	315.5	456.28
21	318.9	457.0

22	320.36	457.35
23	322.11	457.64
24	323.88	458.27
25	325.93	458.78
26	327.78	459.17
27	329.02	459.36
28	329.96	459.73
29	330.7	459.73
30	332.0	460.07
31	333.71	460.56
32	334.82	460.96
33	336.41	461.63
34	337.62	462.34
35	338.42	462.63
36	340.67	463.17
37	342.94	463.67
38	343.11	464.1
39	348.47	465.31
40	352.07	465.73
41	356.33	466.91
42	358.13	467.53
43	359.56	468.35
44	359.7	469.09
45	361.17	469.69
46	364.97	470.47
47	368.63	471.58
48	373.66	473.34
49	377.1	474.65
50	378.03	474.87

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	448.21
3	299.05	449.82
4	306.13	452.09
5	325.7	457.54
6	339.93	462.0
7	348.16	463.65
8	355.54	465.28
9	360.1	467.59
10	364.26	469.73
11	371.62	471.74
12	378.03	474.22

**Vertici strato 2**

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	447.27
3	299.05	448.82
4	316.82	453.94
5	325.7	455.16
6	339.93	459.8
7	348.12	461.67
8	355.54	465.28
9	364.26	469.73
10	371.62	471.74
11	378.03	474.22

**Vertici strato 3**

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	445.27
3	299.05	446.82
4	316.65	451.39

5	325.7	453.14
6	326.87	454.01
7	339.93	459.8
8	348.16	461.69
9	354.25	463.01
10	364.26	466.93
11	378.03	470.56

### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1950		
2	0.16	0.4	20	1950	2050		
3	0.21	0.8	21	1950	2100		
4	1	2.5	24	2000	2200		

### Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.13
Ascissa centro superficie	349.06 m
Ordinata centro superficie	488.03 m
Raggio superficie	23.01 m

**xc = 349.063 yc = 488.035 Rc = 23.011 Fs=1.128**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh·Wi (Kg)	Kv·Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.06	-2.8	1.06	311.7	26.49	13.4	0.05	20.0	148.1	177.9	11.1
2	2.18	1.2	2.18	1785.22	151.74	76.76	0.05	20.0	905.0	953.2	190.4
3	1.42	5.8	1.43	1434.63	121.94	61.69	0.05	20.0	724.8	751.8	265.2
4	1.82	9.8	1.85	2236.88	190.13	96.19	0.05	20.0	1139.3	1127.2	568.6
5	1.62	14.2	1.67	2342.23	199.09	100.72	0.05	20.0	1217.6	1102.2	766.7
6	0.82	17.3	0.86	1176.32	99.99	50.58	0.05	20.0	627.4	513.9	446.1
7	1.8	20.8	1.92	2485.76	211.29	106.89	0.05	20.0	1338.8	1009.8	1080.2
8	1.43	25.2	1.58	2072.92	176.2	89.14	0.05	20.0	1156.2	725.7	1040.9
9	0.14	27.4	0.16	316.39	26.89	13.6	0.05	20.0	180.5	100.1	169.5
10	3.9	33.4	4.67	7825.44	665.16	336.49	0.05	20.0	4759.2	1692.2	4858.6

B: Larghezza del conchio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conchio; Li: Lunghezza della base del conchio; Wi: Peso del conchio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.





## Verifica 8 - Sezione 2 Stato di fatto con falda al p.c. senza sisma

### Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	44.453998/11.194593
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	293.34 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	482.15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	367.64 m
Ordinata vertice destro superiore ys	498.97 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.53	2.49	0.26
S.L.D.	50.0	0.66	2.49	0.27
S.L.V.	475.0	1.61	2.41	0.3
S.L.C.	975.0	2.02	2.42	0.31

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1448	0.2	0.0233	0.0117
S.L.D.	1.4256	0.2	0.0291	0.0145
S.L.V.	3.4776	0.24	0.0851	0.0426
S.L.C.	4.005	0.28	0.1144	0.0572

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	449.18
3	294.43	449.86
4	296.41	450.35
5	297.08	450.79
6	298.5	451.2
7	299.88	451.28
8	301.42	451.79
9	302.3	452.03
10	303.42	452.32

11	303.97	452.31
12	305.33	453.01
13	307.02	453.35
14	309.38	453.98
15	310.33	454.3
16	310.47	454.81
17	313.98	455.32
18	314.15	455.81
19	314.75	455.84
20	315.5	456.29
21	318.9	457.01
22	320.36	457.36
23	322.11	457.65
24	323.88	458.28
25	325.93	458.79
26	327.78	459.18
27	329.02	459.37
28	329.96	459.74
29	330.7	459.74
30	332.0	460.08
31	333.71	460.57
32	334.82	460.97
33	336.41	461.64
34	337.62	462.35
35	338.42	462.64
36	340.67	463.18
37	342.94	463.68
38	343.11	464.11
39	348.47	465.32
40	352.07	465.74
41	356.33	466.92
42	358.13	467.54
43	359.56	468.36
44	359.7	469.1
45	361.17	469.7
46	364.97	470.48
47	368.63	471.59
48	373.66	473.35
49	377.1	474.66
50	378.03	474.88

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	292.75	442.94
2	292.75	449.17
3	294.43	449.85
4	296.41	450.34
5	297.08	450.78
6	298.5	451.19
7	299.88	451.27
8	301.42	451.78
9	302.3	452.02
10	303.42	452.31
11	303.97	452.3
12	305.33	453.0
13	307.02	453.34
14	309.38	453.97
15	310.33	454.29
16	310.47	454.8
17	313.98	455.31
18	314.15	455.8
19	314.75	455.83
20	315.5	456.28
21	318.9	457.0
22	320.36	457.35
23	322.11	457.64
24	323.88	458.27

25	325.93	458.78
26	327.78	459.17
27	329.02	459.36
28	329.96	459.73
29	330.7	459.73
30	332.0	460.07
31	333.71	460.56
32	334.82	460.96
33	336.41	461.63
34	337.62	462.34
35	338.42	462.63
36	340.67	463.17
37	342.94	463.67
38	343.11	464.1
39	348.47	465.31
40	352.07	465.73
41	356.33	466.91
42	358.13	467.53
43	359.56	468.35
44	359.7	469.09
45	361.17	469.69
46	364.97	470.47
47	368.63	471.58
48	373.66	473.34
49	377.1	474.65
50	378.03	474.87

#### Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	448.21
3	299.05	449.82
4	306.13	452.09
5	325.7	457.54
6	339.93	462.0
7	348.16	463.65
8	355.54	465.28
9	360.1	467.59
10	364.26	469.73
11	371.62	471.74
12	378.03	474.22

#### Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	447.27
3	299.05	448.82
4	316.82	453.94
5	325.7	455.16
6	339.93	459.8
7	348.12	461.67
8	355.54	465.28
9	364.26	469.73
10	371.62	471.74
11	378.03	474.22

#### Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	292.75	442.95
2	292.75	445.27
3	299.05	446.82
4	316.65	451.39
5	325.7	453.14
6	326.87	454.01
7	339.93	459.8

8	348.16	461.69
9	354.25	463.01
10	364.26	466.93
11	378.03	470.56

### Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0.05	0.2	20	1800.00	1950		
2	0.16	0.4	20	1950	2050		
3	0.21	0.8	21	1950	2100		
4	1	2.5	24	2000	2200		

### Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.1
Ascissa centro superficie	349.06 m
Ordinata centro superficie	488.03 m
Raggio superficie	23.01 m

**xc = 349.063 yc = 488.035 Rc = 23.011 Fs=1.1**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.06	-2.8	1.06	311.7	0.0	0.0	0.04	16.2	148.1	163.2	-15.4
2	2.18	1.2	2.18	1785.22	0.0	0.0	0.04	16.2	905.0	879.8	38.7
3	1.42	5.8	1.43	1434.63	0.0	0.0	0.04	16.2	724.8	702.6	143.8
4	1.82	9.8	1.85	2236.88	0.0	0.0	0.04	16.2	1139.3	1064.8	381.3
5	1.62	14.2	1.67	2342.23	0.0	0.0	0.04	16.2	1217.6	1053.3	573.7
6	0.82	17.3	0.86	1176.32	0.0	0.0	0.04	16.2	627.4	495.4	350.7
7	1.8	20.8	1.92	2485.76	0.0	0.0	0.04	16.2	1338.8	984.9	882.7
8	1.43	25.2	1.58	2072.92	0.0	0.0	0.04	16.2	1156.2	720.0	881.5
9	0.14	27.4	0.16	316.39	0.0	0.0	0.04	16.2	180.5	100.4	145.6
10	3.9	33.4	4.67	7825.44	0.0	0.0	0.04	16.2	4759.2	1776.9	4303.1

B: Larghezza del conchio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conchio; Li: Lunghezza della base del conchio; Wi: Peso del conchio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.





## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Area d'indagine - Panoramica dei due impluvi principali oggetto d'intervento



Area d'indagine (area calanchiva Sud Ovest)



Area d'indagine (area calanchiva Nord Est)





Interventi di consolidamento sul calanco posto a Sud Ovest



Prova penetrometrica dinamica DIN 1



Prova penetrometrica dinamica DIN 2



Prova penetrometrica dinamica DIN 3



Prova penetrometrica dinamica DIN 4





Prova penetrometrica dinamica DIN 5



Prova penetrometrica dinamica DIN 6



Prova penetrometrica dinamica DIN 7



Prova penetrometrica dinamica DIN 8



Prova penetrometrica dinamica DIN 9



Prova penetrometrica dinamica DIN 10



Misura di microtremore H/V 1



Misura di microtremore H/V 2



Misura di microtremore H/V 3